



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

MAPA-GUÍA DE LA ZONA OCCIDENTAL DE LA RUTA DEL NORTE DEL CAMINO DE SANTIAGO A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITES (VERSIÓN EN INGLÉS)

Alumno: María del Carmen Sanz Raya

Tutor: Prof. D. Carlos Pinilla Ruiz

**Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría.**

Junio, 2015



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Cartográfica Geodesia y Fotogrametría

Don Carlos Pinilla Ruiz, tutor del Trabajo Fin de Grado titulado: MAPA-GUÍA DE LA ZONA OCCIDENTAL DE LA RUTA DEL NORTE DEL CAMINO DE SANTIAGO A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITES (versión en inglés), que presenta María del Carmen Sanz Raya, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

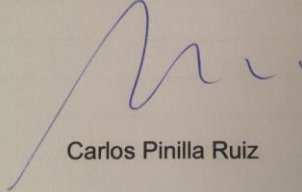
Jaén, Junio de 2015

El alumno:



María del Carmen Sanz Raya

Los tutores:



Carlos Pinilla Ruiz

INDICE

I. MEMORIA	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVO	8
3. ANTECEDENTES Y ÁREA DE ESTUDIO.....	9
3.1. Descripción del medio físico.....	9
3.2. Introducción al Camino de Santiago.....	9
3.2.1. Ruta del Norte.....	12
3.3. Situación geográfica.....	15
3.4. Justificación.	19
3.5. Medios empleados.....	20
4. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	22
4.1. Datos de partida.....	23
4.1.1. Sistema de Referencia.....	23
4.1.2. Programa Landsat.....	24
4.2. Tratamiento imágenes Landsat.....	30
4.2.1. Correcciones radiométricas.....	31
4.2.2. Correcciones geométricas.....	33
4.2.3. Edición final de las imágenes.....	38
4.3. Diseño y producción cartográfica.....	43
4.3.1. Diseño del producto cartográfico.....	44
4.3.2. Selección de la información geográfica.....	48
4.3.3. Confección del Mapa-guía	49
4.3.4. Control de calidad posicional.....	57
Bibliografía y webgrafía.....	62
II. ANEJOS	64
ANEJO I. SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89.....	65
ANEJO II. IMÁGENES SELECCIONADAS DEL PROGRAMA LANDSAT	67

ANEJO III. DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL.....	69
ANEJO IV. GEORREFERENCIACIÓN.	71
ANEJO V. CÁLCULO DEL INDICE ÓPTIMO OIF.	76
ANEJO VI. MOSAICO	80
ANEJO VII. EXPANSIÓN DEL HISTOGRAMA.....	81
ANEJO VIII. MOSAICO BASE PARA EL MAPA-GUÍA.	82
ANEJO IX. MOSAICO RECORTADO Y CON FONDO.	83
ANEJO X. LOCALIZADOR DE LA ZONA DE INTERÉS.	84
ANEJO XI. PERFILES LONGITUDINALES.	85
ANEJO XII. ETAPAS OCCIDENTALES DE LA RUTA DEL NORTE DEL CAMINO DE SANTIAGO. .	88
III. DOCUMENTO GRAFICO.....	98

I. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

Poniendo en práctica muchos de los conocimientos adquiridos durante el grado en Ingeniería Geomática y Topográfica, se llega a la realización de un Trabajo Fin de Grado desarrollando un ejercicio de investigación, elaboración, diseño y análisis que permite aumentar la capacidad para resolver problemas, sobre todo en el área de la Teledetección, los Sistemas de información geográfica y la producción cartográfica.

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. Por tratarse de una tecnología relativamente reciente existen numerosas aplicaciones en proceso de desarrollo, algunas de sus aplicaciones actuales son; estudio de la erosión de playas y arenales, cartografía de áreas quemadas y seguimiento de los procesos de repoblación natural, cartografía e inventario de cultivos por especies, agricultura de precisión, detección de usos de suelo, y cómo no estudios multitemporales que son posibles ya que se pueden comparar imágenes de la misma zona en diferentes periodos de tiempo, contrastando y analizando los diversos resultados obtenidos. Por supuesto, también es notable su uso en el ámbito de la meteorología, sobre todo en el campo de la predicción meteorológica.

Por último, y no menos importante, es notable el uso de la teledetección en el campo de la Geomática y topografía. La actualización de mapas topográficos (MTN50) que a día de hoy se realizan ágilmente mediante el empleo de imágenes de alta resolución espacial.

Debido a la mejora en la potencia de los equipos utilizados, el almacenamiento de las imágenes capturadas es cada vez mayor así como su resolución, lo que permite una mayor exactitud, tanto geométricamente como radiométricamente. Estas aplicaciones, que han ido en aumento en los últimos años hacen que la Teledetección sea una fuente imprescindible y de gran ayuda en nuestros días.

Por otro lado los Sistemas de información geográfica (SIG) que, a través de un software específico permiten a los usuarios crear consultas interactivas, integrar,

analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos.

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones.

Los SIG tienen numerosas aplicaciones en ámbitos como medio ambiente, gestión territorial, recursos mineros, demografía, gestión de servicios y elaboración de mapas, entre otras. La elaboración de mapas, así como la posibilidad de realizar una consulta combinada de información, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes y gestión de mantenimiento.

Y por último, la producción cartográfica engloba todas las herramientas y procedimientos necesarios para la generación de un mapa. El proceso a seguir comienza por la recolección, evaluación y selección de la información, continuando con la elaboración y diseño del producto, y terminando con la distribución del producto resultante a los usuarios finales, teniendo un control de calidad de los datos en todo el proceso para asegurar la calidad del producto final.

Este proyecto, como muchos otros, no pretende establecer una nueva base teórica, sino que se apoya en una serie de conceptos abiertamente aceptados, a partir de los cuales se intenta avanzar hacia los objetivos propuestos.

2. OBJETIVO

El objetivo de este Trabajo fin de grado es la elaboración de un mapa-guía en inglés para la realización del Camino de Santiago, por el camino del Norte, desde la etapa de Luarca hasta Arzúa (última etapa del camino del norte) uniendo con las dos últimas etapas del camino Francés hasta llegar a Santiago de Compostela, enfocado en un principio a los aficionados al senderismo, aunque también puede ser usado por aficionados al ciclismo o a montar a caballo.

Otro objetivo, contemplado desde el principio, era elaborar un trabajo novedoso y, con la inclusión de un mosaico de imágenes de satélite para el fondo del mapa, y con ayuda de una adecuada corrección de las mismas se ha creado un producto con una mayor sensación de relieve, añadiendo realismo y proporcionando información acerca de la topografía del terreno de la zona.

Sin embargo, ningún objetivo tendría sentido si no existiera la certeza de que los resultados obtenidos del manejo de datos geográficos son válidos. La calidad en los procesos de elaboración es imprescindible y para ello se realiza un control de calidad, que permite obtener un producto completamente fiable.

En definitiva el propósito de este trabajo es elaborar un producto cartográfico georreferenciado útil, atractivo y de calidad en un idioma que un mayor número de personas procedentes de otros países puedan utilizar en su camino.

3. ANTECEDENTES Y ÁREA DE ESTUDIO.

3.1. Descripción del medio físico.

Para poner en antecedente la zona de estudio, se describe a continuación la situación geográfica y el entorno de la zona. Esta información será utilizada para tener un mejor conocimiento del lugar y como apoyo inicial.

El estudio previo del medio físico se lleva a cabo recopilando toda clase de información de diversas fuentes, desde enciclopedias, atlas y publicaciones hasta de organismos nacionales, como el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y autonómicos como la Xunta de Galicia y otra información contrastada a través de internet.

La investigación más concienzuda sobre la zona a tratar, puede suponer un aspecto importante previo a la manipulación de las imágenes,:

- Un mayor conocimiento de la ubicación del trabajo realizado.
- Una complementación de los datos obtenidos de las diversas fuentes, como pueden ser imágenes o mapas, para observar la variabilidad de los diversos elementos que constituyen el territorio a lo largo del tiempo.
- Poder observar directamente en campo algunos detalles importantes que no queden evidentes, tanto previos al tratamiento de los datos, así como a posteriori, cuando se disponga de los resultados.

3.2. Introducción al Camino de Santiago.

El resurgimiento peregrinal, sobre todo desde el Año Jacobeo -1993- es un hecho que los estudiosos sociales tendrán que analizar. La mezcla de reto deportivo con religiosidad, con búsqueda de lo auténtico y de uno mismo, todo ello escoltado por estilos románicos y góticos, entre caballeros templarios y monjes benedictinos, entre hayas y trigos, entre castaños y carvallos, entre leyendas y milagros hacen del Camino de Santiago una experiencia singular. El marketing de las diferentes Comunidades Autónomas ha hecho el resto. Para muchos el recorrido del Camino

de Santiago se convierte en peregrinaje cuando se encuentran con las raíces religiosas e históricas de Europa, cuando renuevan un camino de transformación interior, y cuando caminan al ritmo de otros siglos.

Desde el descubrimiento de la tumba del Apóstol Santiago en Compostela, en el siglo IX, el Camino de Santiago se convirtió en la más importante ruta de peregrinación de la Europa medieval. El paso de los innumerables peregrinos que, movidos por su fe, se dirigían a Compostela desde todos los países europeos, sirvió como punto de partida de todo un desarrollo artístico, social y económico que dejó sus huellas a lo largo de todo el Camino de Santiago.

El centro de la tradición jacobea es la creencia de que el cuerpo de Santiago está enterrado en el sepulcro de Compostela. Corría el año 813 después de Cristo cuando el obispo de Iria Flavia, Teodomiro, avisado por el eremita Pelayo de la existencia de unas luces misteriosas, informó al rey asturiano Alfonso II del descubrimiento milagroso de una tumba que contenía los restos mortales del apóstol Santiago. Según la leyenda, los discípulos de Santiago en el año 42 robaron el cuerpo de Palestina, donde le habían decapitado, y le embarcaron en una nave que con una tripulación angelical llegó a Iria, en la confluencia del Sar y el Ulla (actualmente la ría de Arousa). En cuanto atracaron, el cuerpo del apóstol fue llevado por los aires 12 millas hasta el lugar donde hoy se le venera. En la catedral de Santiago se conserva la roca donde dicen que fue atada la barca que trajo el cadáver del santo. Con la "aparición" del cuerpo del apóstol se inició lo que hoy conocemos como la ruta compostelana: "El camino de las estrellas".

Hay varios Santiagos en el Nuevo Testamento, por ello es preciso identificar bien al que se le añade el apelativo: "Santiago, el Hijo de Zebedeo o el Mayor". Era el hermano mayor de Juan, el Apóstol, y originarios de Betsaida habitaban en la cercana Cafarnaún, trabajando en el negocio familiar de pesca en las riberas del

Lago de Genesaret; pertenecían, pues, a una familia de modestos propietarios con su padre Zebedeo.

Una de las razones del número de peregrinos fue la instauración de Jubileo por el Papa Calixto II, que en 1222 posibilitó que todos aquellos viajeros devotos que se pusieran en camino en Año Santo – cuando la festividad del Apóstol, 25 de Julio, cayese en domingo- y cumpliesen los requisitos venturosos de la peregrinación, se verían liberados de casi todos sus pecados. Esto provocó que el número de peregrinos que realizaron el Camino en el siglo XII ascendiera a la impresionante cifra de 200.000.

El camino de Santiago es conocido mundialmente y atrae a personas de todo el mundo, las principales razones por las cuales se realiza el camino son:

- Religiosa, hay varias razones por las que la gente decide hacer el peregrinaje a Santiago de Compostela. El motivo principal es la religión, en concreto la fe cristiana. Estos peregrinos van a ver al Santo Apóstol porque quieren pedirle un favor o darle gracias por un milagro. Al llegar a la majestuosa catedral se postran para rezar ante las reliquias y luego suben al altar a abrazar la imagen de Santiago. En Año Jacobeo se abre la Puerta Santa de la catedral y es una experiencia especial pasar por ella. Santiago es un destino de peregrinación tan importante como Roma o Jerusalén.
- Personal, Hoy en día, muchas personas hacen el Camino porque les ayuda a conocerse mejor a sí mismos, descubriendo su fortaleza interior y sus puntos débiles. Paso a paso a lo largo del recorrido se desarrolla un espíritu de superación fundamental en la vida. Al final del trayecto todos los peregrinos coinciden en afirmar que es una experiencia personal verdaderamente enriquecedora y donde se conoce a mucha gente.
- Cultural, otra razón para hacer esta peregrinación milenaria es la riqueza cultural que se puede apreciar a lo largo de las rutas más famosas.
- Ocio, hacer el Camino es también una forma de hacer ejercicio. El método tradicional de recorrerlo es a pie, pero a lo largo del tiempo los

peregrinos han elegido otros medios como a caballo, en bicicleta, en vela, en moto e incluso en silla de ruedas. El Camino de Santiago ha evolucionado con los tiempos y es muy flexible puesto que los peregrinos son libres de viajar de forma innovadora y moderna.

3.2.1. Ruta del Norte.

Los caminos que llevan a Santiago son tantos como los caminantes, cada peregrino hace su propio camino, muchos viajeros a través de los siglos cumplieron sus sueños por sendas alternativas, una de esas sendas es el Camino del Norte o de la Costa.

Desde el puente de Santiago, en Irún (Guipuzcoa), hasta la Catedral de Compostela hay 789 Km. Es la ruta del Norte por el País Vasco, Cantabria y Asturias. Llegados a Asturias, poco después de Villaviciosa, el Camino del Norte se divide para que los peregrinos puedan visitar al Salvador en Oviedo uno de los principales hitos de su peregrinación.

El recorrido es más duro que el del Camino Francés, pero sus paisajes, donde se funden el azul del mar con el verde de las montañas, bien merecen el esfuerzo extra.

Se cree que el Camino del Norte es la ruta más antigua, que fue la primera que tomaron los peregrinos para llegar a Santiago de Compostela ya que cuando se descubrió la tumba del Apóstol, la dominación por parte de los musulmanes alcanzaba muchos territorios del interior de la península Ibérica. Por tanto el Camino del Norte fue una de las rutas más transitadas en los primeros años de peregrinación, comenzando por los propios monarcas de la corte asturiana. A medida que avanzó hacia el sur la reconquista este camino fue casi reemplazado por el Camino Francés, debido a la menor complejidad orográfica, a lo abrupto del terreno del Camino del Norte, y a la ausencia de grandes burgos.

El peregrino que se aventure a realizar el Camino del Norte, hará uno de los caminos más atractivos y emocionantes de los Caminos de Santiago. Las vistas, que

en muchas ocasiones se pierden en la inmensidad del mar, son impresionantes. El verdor de las montañas, sentir el mar rodeándote, los pueblos marineros, las hermosas playas, la gastronomía, y la hospitalidad de sus gentes hacen de este Camino una experiencia única.

Lo ideal es hacerlo en Otoño o en verano (entre Junio y Septiembre) ya que las temperaturas son más suaves que en el interior de la Península. Agosto es el mes más “transitado”, mientras que en invierno las temperaturas pueden bajar bastante y abundan las lluvias.

El Camino del Norte, es la segunda ruta más larga, después de la Vía de la Plata. Se suele realizar en 32 etapas si se va a pie. La red de albergues del Camino del Norte, es mucho más escasa que la red de albergues del famoso Camino Francés, pero siempre encontraremos un albergue donde pasar la noche. La señalización durante todo el camino es muy buena.

La primera flecha amarilla, que indica el inicio del camino se encuentra en Hendaya, en el puente sobre el río Bidasoa, que sirve de límite fronterizo con Francia, y que no por casualidad se llama “Puente de Santiago”.

El más septentrional de los caminos de Santiago, el camino de la costa, serpentea por la marina verde que baña el mar Cantábrico y tiene una de sus estaciones de parada en la ciudad y puerto de Gijón. Esta ruta de peregrinación forma parte del conjunto de itinerarios jacobeos. Gijón acoge al peregrino para ofrecerle un lugar de descanso y una etapa más de experiencia en su camino, es sin duda una parada obligatoria en el camino del Norte

Esta ruta fue de uso tardío y menos frecuentada que el Camino Francés. Sus inconvenientes geográficos, su orografía montañosa, sus numerosos ríos discurriendo perpendicularmente al Camino, obligaban al viajero a salvar numerosas rías y ríos en barcas, cuando había dinero y si no a dar largos rodeos en busca de un puente en el interior. Por esta razón las huellas de los peregrinos en el Camino del Norte son tardías y son numerosas avanzado el siglo XIV.

Es el camino encantado, aún hoy con el aumento de peregrinos que tiene, sigue siendo sinónimo de soledad, intimidad, meditación y contacto con la

naturaleza. Ante la masificación de otras rutas peregrinar por el rugoso y húmedo Norte significa recuperar nuestro mundo interior.

Esta ruta transcurre en 32 etapas y hay que sumarle otras 2, pertenecientes al camino francés, para llegar a Santiago de Compostela.

- Irún - San Sebastián
- San Sebastián - Zarauz
- Zarauz - Deba
- Deba - Markina/Xemein
- Markina/Xemein - Guernika/Lumo
- Guernika/Lumo - Lezama
- Lezama - Bilbao/Bilbo
- Bilbao/Bilbo - Portugalete/Portugaleteko
- Portugalete/Portugaleteko - Pobeña
- Pobeña - Castro Urdiales
- Castro Urdiales - Laredo
- Laredo - Güemes
- Güemes - Santander
- Santander - Queveda
- Queveda - Comillas
- Comillas - Unquera
- Unquera - Llanes
- Llanes - Ribadesella
- Ribadesella - Sebrayo
- Sebrayo - Gijón
- Gijón - Avilés
- Avilés - Soto de Luiña
- Soto de Luiña - Cadavedo
- Cadavedo - Luarca
- Luarca - La Caridad
- La Caridad - Ribadeo
- Ribadeo - Lourenzá
- Lourenzá - Abadín
- Abadín - Vilalba
- Vilalba - Baamonde
- Baamonde - Sobrado dos Monxes
- Sobrado dos Monxes - Arzúa

Conexión con el Camino francés.

- Arzúa – O Pedrouzo.
- O Pedrouzo – Santiago de Compostela.

3.3. Situación geográfica.

Las localidades, que han sido escogidas en la elaboración de este mapa-guía, de la ruta del norte del Camino de Santiago pertenecen a dos comunidades autónomas.

Las ocho últimas etapas pertenecen a Galicia, situada al noroeste de la península ibérica, y formada por las provincias de La Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra. Geográficamente, la comunidad de Galicia, limita al norte con el mar Cantábrico, al sur con Portugal, al Oeste con el océano Atlántico y al este con el Principado de Asturias y con la comunidad de Castilla y León (más concretamente con las provincias de Zamora y León)

Las dos primeras etapas de este tramo de la ruta pertenecen al Principado de Asturias, situado al norte de la península ibérica. Fronteriza al oeste con Galicia, al norte con el Mar Cantábrico, al este con Cantabria y al sur con la provincia de León.

Para empezar nuestro camino tenemos que acceder a la villa de Lluarca, situada en la costa occidental de Asturias. Existen diferentes accesos dependiendo del método de transporte que se utilice:

Coche: La forma más rápida de acceder a Lluarca por carretera es a través de la autopista de reciente construcción A8 que recorre todo el litoral asturiano de este a oeste. Esta autopista tiene dos puntos de acceso a Lluarca, uno en el extremo más occidental (el que tomaremos si venimos desde el centro de Asturias) y otro en el más oriental (la salida para aquellos que vengáis desde el extremo occidental de Asturias).

Tren: Luarca tiene estación de tren pero solo la FEVE (Ferrocarril de Vía Estrecha) llega hasta aquí. Si no se tiene prisa y quieres disfrutar de la belleza del interior de los bosques y la costa asturiana esta puede ser tu opción (sin prisa porque el trayecto Oviedo – Luarca se acerca a las 3 horas). Otra opción muy recomendable es viajar hasta Oviedo en tren (destino de trenes Alvia, que recorren la península a velocidades similares al AVE) y desde Oviedo gestionar el viaje a Luarca por carretera. A modo de referencia el trayecto Madrid – Oviedo se cubre en 5 horas de tren. Y desde Oviedo a Luarca por carretera en viaje oscila entre 50 minutos (coche particular) o 1:05 h. en autobús.

Autobús: En el centro de Luarca existe una parada de la compañía de autobuses ALSA (originaria de Luarca, Autobuses Luarca S.A.). Existen trayectos desde numerosos puntos de Asturias y España para llegar directamente a Luarca.

Avión: El Aeropuerto de Asturias se encuentra a unos 40 minutos por carretera (A8) de Luarca.

La principal vía de acceso es la carretera por donde puedes llegar a ella a través de la autopista A8. Estas son algunas de las distancias aproximadas a las ciudades más importantes cercanas para que puedas hacerte una idea y planificar tu visita:

- Aeropuerto de Asturias: 49,5 Km.
- Oviedo: 91,6 Km
- A Coruña: 198 Km.
- León: 214 Km.
- Madrid: 543 Km.

A continuación se detalla un poco cada una de las principales localidades por las que pasa esta propuesta del camino:

Luarca, es una villa del concejo de Valdés en el Principado de Asturias, está situada a 92 km de Oviedo, capital del Principado. Su templo parroquial está dedicado a Santa Eulalia.

A caridá, la villa de La Caridad es la capital del concejo de El Franco y dista 130 km de Oviedo, cuenta con una población de 1.850 habitantes, de los cuales 1.367 viven en la villa del mismo nombre y el resto se reparten entre los lugares de alrededor. Uno de los atractivos turísticos es la playa de Permenande y su área recreativa con albergue de peregrinos.

Ribadeo, es un municipio español con 10.010 habitantes, situado en el extremo nororiental de Galicia, en la provincia de Lugo, en el límite con el Principado de Asturias. Pertenece a la Comarca de la Mariña Oriental, de la cual es la capital.

Vilanova de Lourenzá, es un municipio del norte de la provincia de Lugo en Galicia, España. Perteneciente a la comarca de Mariña Central y con 2338 habitantes censados. Limita al norte con Foz, al sur con con Riotorto, al este con los de Trabada y Barreiros y al Oeste con el de Mondoñedo, distando unos 10 Km, en línea recta, de la costa Cantábrica. Este valle posee unas características idóneas para la producción hortícola.

Abadín, es un municipio español de la provincia gallega de provincia de Lugo, en la comarca de Tierra Llana, está situado en el nordeste de Galicia, en el norte de la provincia de Lugo y en el noroeste de la comarca de Terra Chá. Limita al norte con los municipios de Alfoz y Valle de Oro, al sur con Cospeito, al este con Mondoñedo y Pastoriza, y al oeste con Villalba y Muras.

Vilalba, es un municipio español perteneciente a la provincia de Lugo y capital de la comarca de Tierra Llana (*Terra Chá*), en la comunidad autónoma de Galicia. Está situado a 34 kilómetros de la capital de la provincia en dirección norte con 14788 habitantes.

Baamonde, es una parroquia del municipio de Begonte, en la provincia de Lugo, Comunidad Autónoma de Galicia, en el noroeste de España. Su ubicación geográfica está en el punto justo donde desemboca la N-634 con la N-VI o N-6. A escasos metros pasa la A-6 autovía de Madrid a La Coruña, punto en el que también

desemboca la Autovía del Cantábrico, A-8, E-70. Según el último censo posee 347 habitantes.

Sobrado dos Monxes, es un municipio de España en la provincia de La Coruña, comunidad autónoma de Galicia. Sobrado comparte con la mayoría de los municipios interiores y rurales de Galicia un despoblamiento gradual desde mediados del siglo XX. Actualmente tiene alrededor de 1965 habitantes.

Arzúa, es un municipio español de la provincia de La Coruña. Se autodenomina "terra do queixo" en referencia al queso elaborado con leche de vaca de la denominación de origen Arzúa-Ulloa. Arzúa tiene 6261 habitantes y se encuentra a 74 km de La coruña, a 41 km de Santiago de Compostela y a 560 km de Madrid.

O Pedrouzo, El núcleo urbano de Pedrouzo, enclavado dentro de la parroquia de Arca y capital del ayuntamiento de O Pino. El ayuntamiento de O Pino, situado a 18 kilómetros de Santiago, es el último que se localiza en la N-547 antes de la llegada a Compostela. Esta carretera es, por tanto, la principal vía de comunicación y acceso al enclave. O Pedrouzo cuenta con 5281 habitantes.

Santiago de Compostela, Santiago de Compostela es una ciudad y municipio de España. Capital de la comunidad autónoma de Galicia, pertenece a la provincia de La Coruña. Está situada a 65 km al sur de La Coruña y a 62 km al norte de Pontevedra. La ciudad antigua es Patrimonio de la Humanidad por la Unesco desde 1985. Destaca por ser un importante núcleo de peregrinación cristiana, junto con Jerusalén y Roma, al señalar la tradición de que allí se dio sepultura al Apóstol Santiago el Mayor. De especial importancia artística es su Catedral dedicada precisamente al Apóstol Santiago el Mayor. Cuenta con 95800 habitantes.

3.4. Justificación.

Con la elección de este tipo de proyecto se consigue poner en práctica varios campos estudiados en el grado de Ingeniería Geomática y Topográfica como son la teledetección, la cartografía, y dentro de esta la producción cartográfica. Dos ramas atraídas por la autora de este trabajo.

La teledetección es una rama que se encuentra en pleno y constante desarrollo. A día de hoy está más que contrastada con diversas aplicaciones que van aumentando conforme van saliendo a la luz nuevos y poderosos sensores con más capacidad de almacenamiento y más resolución. Además, si los datos capturados mediante teledetección se implementan en un Sistema de Información Geográfica (SIG) lo convierten en una herramienta muy potente en el ámbito del análisis del territorio y extracción de información. Si además, se cumplimenta todo ello con la elaboración, paso a paso, de un producto cartográfico final se expone un trabajo completo donde intervienen diferentes áreas donde la autora, aparte de ampliar sus conocimientos en teledetección, aprenderá el funcionamiento de un software de SIG, como es *ArcGis 10.2.2.* y profundizará sobre posibles problemas que se presentan a la hora de la producción cartográfica así como la metodología para resolverlos.

Por otro lado, la elección de un mapa-guia tangible como producto final es debido a que en la zona, por su orografía, en muchos lugares los peregrinos carecen de conexión a internet sin poder conectar sus dispositivos para descargarse mapas o cualquier tipo de información, ni conectar el GPS.

Por último, y no menos importante, el idioma utilizado en la elaboración del mapa ha sido el inglés ya que, después de una búsqueda rigurosa se llega a la conclusión de que existe una escasez importante de Mapas-guías de la ruta del Norte en inglés.

3.5. Medios empleados.

Hardware utilizado en el trabajo:

- Ordenador con Procesador Intel Core i5.
- 6 Gb de memoria RAM.
- Disco duro de 750 Gb.
- Lector/ grabador de DVD.
- Impresora HP Photosmart C4200.

Software utilizado en el trabajo:

- Sistema operativo: Windows 7
- Envi 4.7. Es uno de los softwares más eficaces para la extracción de información rápida, fácil y precisa de imágenes geoespaciales.
- ArcGis 10.2.2. Es una completa plataforma muy potente de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas y globos en 3D.
- Iberpix. Visor web de bastante calidad y rapidez que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) pone a nuestra libre disposición tanto de la península como de las islas Canarias y Baleares. Se ha empleado como fuente cartográfica en la compración de imágenes y obtención de las coordenadas ETRS89 necesarias en la fase de georreferenciación de las imágenes Landat, ya que procede de una fuente fiable como es el IGN.
- Autocad 2002. Es un software líder en programas de diseño, dibujo y modelado. Se ha utilizado en este trabajo para extraer las capas de información necesarias ya que se partía de una información masiva de capas, muchas no requeridas para este trabajo.
- Microsoft Excel 2010. Aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo. En el trabajo se ha utilizado a la hora de tratar los datos numéricos obtenidos.

- Microsoft Word 2010, Aplicación distribuida por Microsoft Office para procesamiento de texto, utilizada en este caso para la elaboración de la presente memoria.
- Microsoft Publisher 2010. Aplicación distribuida por Microsoft Office para el diseño y maquetación de páginas, folletos, ... Se ha optado por este programa para la tarea de diseño del reverso del mapa.
- Paint. Programa elaborado por Microsoft para la edición de fotografías. Su uso en este trabajo se ha centrado únicamente para la edición de fotografías insertadas en el reverso del mapa.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para conseguir los objetivos del Trabajo Fin de Grado, los pasos a seguir serán, de forma general:

- Elección del área de interés, sensor de captura e imágenes.
- Correcciones radiométricas, proceso conducente a la restauración de los niveles digitales (Nd) originales de una imagen para acercarlos a los valores que deberían tener en condiciones de recepción ideales, sin influencia del efecto atmosférico.
- Correcciones geométricas, de forma rigurosa, son transformaciones puntuales consistentes en cambiar de posición las celdillas originales de la imagen sin alterar sus Nd. Es imprescindible para poder superponer sobre la imagen cualquier información cartográfica.
- Elaboración de un mosaico de imágenes con el fin de poder obtener un fondo de imagen que abarque la totalidad del área de estudio.
- Recorte de la imagen, este paso se lleva a cabo para acotar la zona exclusiva de interés, disminuyendo su tamaño y facilitando su manejo, evitando un trabajo excesivo por parte de los medios informáticos así como para otorgarle a la zona de interés una mayor importancia.
- Elección de la escala y formato del producto cartográfico final, ya que de ello va a depender la generalización a llevar a cabo en la información vectorial y la información cuantitativa expuesta en el mapa, siempre, teniendo en cuenta la legibilidad del mismo.
- Recopilación de la información vectorial, en un principio, puede ser masiva, procediéndose, entonces, a una extracción de la información según la escala de nuestro trabajo (1/300000) y el interés del mismo.
- Control de calidad posicional, paso ineludible, para conocer las exactitudes planimétricas de la posición de los elementos en el mapa.
- Diseño y Producción Cartográfica, que incluye la elección y gestión de la simbología a emplear, el diseño del mapa, y por último, la materialización del producto, una vez que se tenga la certeza de la validez de los procesos y del criterio adoptado.

- Impresión del producto cartográfico.
- Conclusiones finales.

4.1. Datos de partida.

4.1.1. Sistema de Referencia.

En España el sistema de referencia ED50 ha sido el sistema oficial de la cartografía de la Península y Baleares hasta el año 2008, año en el que se adopta como oficial el ETRS89. Para adaptarse a la norma se dió un periodo transitorio hasta el 2015 en el que han podido convivir los dos sistemas mientras se re proyecta la cartografía a ETRS89.

Con el desarrollo de las técnicas de navegación y posicionamiento GPS durante los años 80, y con el objetivo fundamental de que todos los países de Europa dispongan de una cartografía en un sistema de referencia único y homogéneo, se formó la Subcomisión EUREF de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG). Desde entonces, esta Subcomisión ha promovido la adopción para todos los países del continente del sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), trasladando este objetivo a la Comisión Europea en 1999.

En España, la regulación se ha llevado a cabo mediante el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, en el que se establece que "...toda la cartografía y bases de datos de información geográfica y cartográfica producida o actualizada por las Administraciones Públicas deberá compilarse y publicarse conforme a lo que se dispone en este real decreto a partir del 1 de enero de 2015, etc.".

Es por ello por lo que se utiliza el sistema de referencia ETRS89 para el trabajo con la finalidad de conseguir una cartografía actualizada e integrada con los sistemas de navegación de la cartografía de otros países europeos. En el *Anejo I. Sistema de referencia ETRS89* se describe más ampliamente este sistema.

4.1.2. Programa Landsat

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al Programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) que ofrece de forma gratuita y libre los datos a la comunidad investigadora mundial para entender mejor los cambios que se producen en el planeta.

. El programa Landsat ha revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continua registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada; de manera general cada pixel en su imagen tiene un tamaño con el que se podría cubrir un campo de béisbol.

En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: “Landsat Data Continuity Mission” (LDCM) es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores.

Tras el lanzamiento, el satélite LDCM será rebautizado como Landsat 8. Este sistema está compuesto de dos grandes segmentos:

- El observatorio; el cual consta de una plataforma con capacidad de carga de dos sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI y TIRS recogerán los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales. El OLI es un instrumento construido por la empresa Ball Aerospace & Technologies Corporation en Boulder, Colorado y el TIRS

es un instrumento que fue construido por la NASA en el centro de vuelo espacial Goddard en Greenbelt, Md. Además, el LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como “paths” o rutas de acceso) como sus antecesores Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7. Esto permitirá que todos los datos del LDCM sean referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas. El satélite almacena los datos del sensor OLI y TIRS en una grabadora de estado sólido incluida a bordo y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres situadas en Gilmore Creek (Alaska), Svalbard (Noruega) y Sioux Falls (Dakota).

- El segundo segmento es el sistema terrestre, el cual proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos.

La plataforma LDCM, fue construida por la empresa Orbital Sciences Corporation en Gilbert, Arizona, tiene una vida útil de 5 años, pero lleva suficiente combustible para 10 años de operaciones. La nave orbitará de norte a sur durante el día, cruzando el ecuador a las 10 a.m., hora local, con una órbita aproximada de unas 438 millas (705 kilómetros) por encima de la Tierra.

Existen una serie de diferencias y algunas semejanzas de Landsat 8 con respecto instrumentos Landsat anteriores.

El satélite Landsat 8 incorpora, como se ha mencionado anteriormente, dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS). Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares a las del sensor Landsat 7 ETM +, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.

Por otra parte el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+ como se puede apreciar en la ilustración 1.

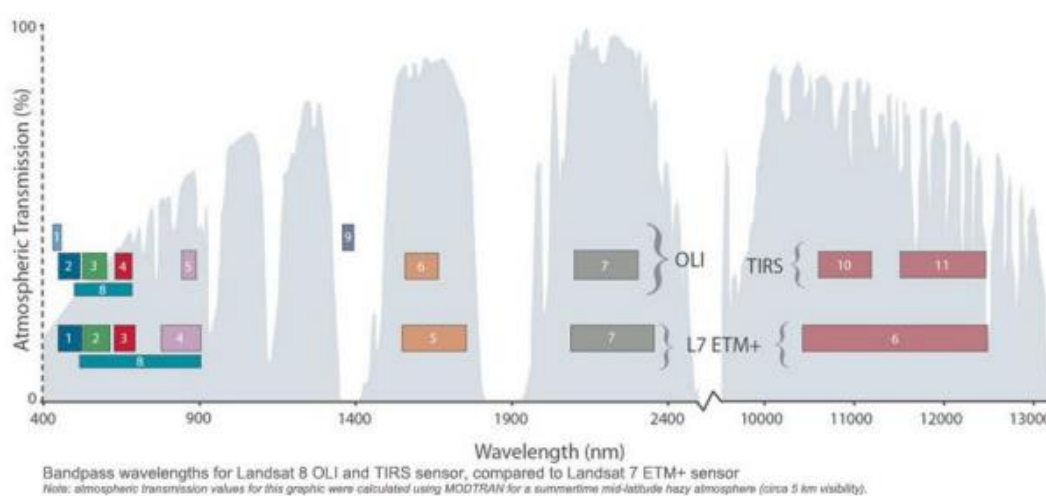


Ilustración 1. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), proporcionando una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre. Aproximadamente se recogen 400 escenas al día, las cuales son cargadas en el servidor de USGS con el fin de que se encuentren disponibles para su descarga 24 horas después de la adquisición. Los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar creados usando Landsat 1 hasta Landsat 7; a continuación se describen algunas de sus especificaciones generales (Tabla. 1):

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS LANDSAT 8	
Tamaño de pixel	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30 metros Banda OLI pancromática 8: 15 metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI
Características de los datos	• Formato de datos GeoTIFF • Remuestreo por convolución cúbica (CC) • Norte arriba (MAP) de orientación • Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) • Datum al Sistema Geodésico WGS84 • 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI • 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS • Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de datos	Archivo comprimido y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo	Aproximadamente 1 GB (comprimido), y 2 GB (sin comprimir)

Tabla 1

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste. En la tabla 2 se ha realizado una distribución, por bandas, de los dos sensores de Landsat 8 (OLI y TIRS).

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 – Aerosol costero	0,43 – 0,45	30
	Banda 2 – Azul	0,45 – 0,51	30
	Banda 3 – Verde	0,53 – 0,59	30
	Banda 4 –Rojo	0,64 – 0,67	30
	Banda 5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0,85 – 0,88	30
	Banda 6 – SWIR 1	1,57 – 1,65	30
	Banda 7 – SWIR 2	2,11 – 2,29	30
	Banda 8 – Pancromático	0,50 – 0,68	15
	Banda 9 - Cirrus	1,36 – 1,38	30
	Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
	Banda 11 – Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

Tabla 2.

En definitiva Landsat 8 tiene fundamentalmente tres objetivos:

- Recopilar y archivar datos bandas multiespectrales y térmicas de cada superficie de la tierra, cada temporada de cada año en una resolución que puede distinguir un área del tamaño de un campo de béisbol.
- Asegurar de que los datos sean consistentes con los datos de las misiones Landsat anteriores, en términos de la geometría de adquisición, calibración, características de cobertura, espectral y espacial características, calidad del producto, la producción y la disponibilidad de los datos para permitir estudios de cobertura y usos de la tierra y apreciar cómo cambian en periodos multitemporales.
- Distribuir productos de datos estándar sobre una base no discriminatoria y sin costo a los usuarios.

4.1.2.1. Imágenes Landsat.

Para la elaboración del mapa guía del Camino del Norte se estimó conveniente que, para mejorar el aspecto visual del mismo, se situaría una imagen de fondo que aportase información del terreno estudiado. Para obtener esta imagen de fondo se

utilizaron dos imágenes capturadas por el satélite Landsat 8 que, tras una previa manipulación y edición, han servido para incluirlas en el producto final del trabajo.

La elección de trabajar con imágenes Landsat es debida a que estas imágenes son de las más empleadas en aplicaciones de teledetección orientadas al ámbito medioambiental, así como por su resolución y por la facilidad de poder obtenerlas rápidamente.

Las imágenes han sido descargadas del Servicio Geológico de los EE.UU (USGS), servicio que comparte gran parte de la información disponible, y en su mayoría, es de uso libre y gratuito con fines tanto comerciales como educativos para usuarios de todo el mundo. Posee un registro de imágenes muy amplio de diferentes sensores espaciales así como de una enorme cantidad de épocas de todo el mundo.

Previamente a la descarga se debe conocer el área que abarca la zona que se pretende cartografiar. La zona que se requiere queda comprendida entre las siguientes coordenadas (Tabla 3).



Punto	X (UTM)	Y(UTM)	Latitud (ETRS89)	Longitud (ETRS89)
1	465117.496	4857023.938	43° 51' 55.7" N	9° 26' 2.8" O
2	465117.496	4731023.938	42° 43' 51.4" N	9° 25' 34" O
3	697535.075	4731023.938	42° 42' 22.8" N	6° 35' 16.9" O
4	697535.075	4857023.938	43° 50' 23.6" N	6° 32' 34.1" O

Tabla 3.

Como es fácilmente comprobable, el área a cartografiar tiene una extensión de 29284,613 km².

Teniendo ya el área de interés es fácilmente introducida, a partir de sus coordenadas en el servidor USGS para la búsqueda de imágenes Landsat 8 en esta zona.

Debido a que no existe ninguna imagen que abarque la totalidad de la zona de interés, debido a su enorme extensión, se dispone, a descargar dos imágenes con un solape entre ellas que abarquen el área seleccionada. Las imágenes elegidas para el trabajo son las correspondientes a la escena 205 – 30 y la 204 – 30 (path – row) de Landsat 8 (OLI ITRS).

Una vez que se conocen las escenas que cubren la zona solo queda imponer unos criterios de búsqueda, tales como que la imagen haya sido tomada durante el día, con una nubosidad inferior al 10%, que haya sido tomada durante los meses de verano ya que se trata de una zona con muchas precipitaciones y en esa época del año la radiancia es mayor, lo cual beneficiará el estudio, y, dentro de las posibilidades, que las imágenes sean lo más actuales posible y de la misma época.

Teniendo en cuenta todo ello, y tras realizar una búsqueda rigurosa, las imágenes seleccionadas (imagen 1, imagen 2) aparecen en el Anejo II.

4.2. Tratamiento imágenes Landsat

El tratamiento digital de las imágenes es una parte fundamental de la teledetección. Es un campo en el que se trabaja con imágenes como materia prima y cuyo objetivo es extraer de dichas imágenes toda la información que sea posible, ya sea posicional o temática.

Las imágenes adquiridas en formato numérico matricial presentan una serie de anomalías con respecto a la imagen real detectada. Bien en la localización de sus puntos, o bien en los niveles digitales (ND) de las celdillas que la componen. El tratamiento de la imagen mediante una serie de operaciones de corrección pretende minimizar en la medida de lo posible estas alteraciones para llegar a una base adecuada, sobre la cual trabajar, y en la que se puedan insertar elementos puntuales, lineales y superficiales. Más concretamente en este trabajo se deben realizar correcciones más minuciosas debido a que la finalidad de la imagen es fusionarla con cartografía.

4.2.1. Correcciones radiométricas.

Las correcciones radiométricas son aquellos procesos conducentes a la restauración de los Nd originales de una imagen para acercarlos a los valores que hubieran tenido en condiciones de recepción ideales y ausencia del efecto atmosférico. Esta corrección modifica únicamente la amplitud de la señal sin variar la posición de los píxeles de cada celdilla.

4.2.1.1 Corrección del bandeo de la imagen.

Los sensores a bordo de Landsat, en realidad no exploran línea a línea, sino lotes de ellas. Como consecuencia de esto, si algún sensor presenta alguna anomalía, la imagen contendrá bandas a intervalos regulares (striping). Esta posible anomalía que se puede producir en las imágenes hay que tenerlo en cuenta y corregirlo en caso de que se produzca.

La corrección consiste en calcular el histograma de la imagen completa en cada banda y desplazar los histogramas parciales, escalándolos para obtener el mismo valor promedio en todos ellos y la misma desviación típica que los correspondientes a la imagen completa.

4.2.1.2. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es una corrección que, para este tipo de trabajo es prescindible pero que conviene realizar, debido a que algunos componentes de la atmósfera como son los aerosoles o el vapor de agua afectan de manera considerable a la radiación electromagnética induciendo a la radiancia detectada por el sensor a diferir con la superficie terrestre de partida (en ausencia de atmósfera), aumentando su valor.

Cuando la energía electromagnética atraviesa la atmósfera se producen unos fenómenos físicos como la absorción y la dispersión, que se interponen entre la superficie reflectante y el sensor y, que afectan a la señal de llegada.

La corrección del efecto atmosférico será imprescindible cuando hayan de efectuarse combinaciones lineales entre bandas y también cuando hayan de transformarse los Nd de la imagen en magnitudes físicas, cuando se persigue obtener información geofísica o biofísica.

El procedimiento de corrección consiste en restar a todos los Nd de cada banda el Nd mínimo encontrado dentro de ella, y hacerlo coincidir con el origen del histograma:

$$Nd'_{i,j(k)} = Nd_{i,j(k)} - Nd_{\min(k)}$$

Donde:

Nd' = Nivel digital corregido

Nd = Nivel digital sin corregir

$Nd_{\min}$ = Nivel digital mínimo

i, j = fila, columna

k = número de banda

(Fórmula 4.1)

Habitualmente esta corrección afecta a las bandas visibles, pues como la magnitud del efecto atmosférico es dependiente de la longitud de onda puede simplificarse considerando que afecta sólo al visible.

En la elaboración de este tipo de trabajo, se toma lectura de los píxeles situados en las zonas umbrosas, ya que estas presentan una menor radiancia que la zona ocupada por el mar o en los embalses. Los valores leídos sobre las zonas de umbría son los adecuados para realizar la corrección.

Esta corrección de anomalías producida tanto por la dispersión como por la absorción, producirá imágenes digitales que muestren más reciprocidad con las características físicas del área de estudio.

En este caso, para saber si era necesaria una corrección atmosférica se ha realizado una estadística de toda la zona. Una vez analizadas dichas estadísticas se concluye que no era necesaria esta corrección debido a que el número de puntos era conforme en cada banda y en cada uno de sus Nd no quedando vacía ninguna de ellas.

4.2.1.3. Restauración de líneas o píxeles perdidos

Este efecto se produce por un mal funcionamiento de la antena receptora o del sensor de la imagen, y puede suponer que en la imagen aparezcan líneas o píxeles perdidos. Las imágenes en las que se haya producido alguna de estas degradaciones, presentarán celdillas o líneas completamente en blanco o en negro, o repitiendo los Nd de las celdillas vecinas.

Después de observar detenidamente ambas imágenes utilizadas en este proyecto y ver que este efecto no le ha afectado se decide no aplicar la corrección para la restauración de líneas o píxeles perdidos.

4.2.2. Correcciones geométricas

Las correcciones geométricas son transformaciones puntuales consistentes en cambiar de posición las celdillas originales de la imagen sin alterar sus Nd. Tienen como finalidad reconstruir la geometría de la imagen, adaptándola a una determinada proyección cartográfica y a su sistema de coordenadas asociado.

Los errores que afectan en este caso, y que distorsionan la imagen real pueden ser los siguientes:

- a) Errores por oscilación de la plataforma del satélite: aunque pequeñas, se producen variaciones en la orientación y/o en la órbita del satélite que, a su vez, introducen pequeños errores en la geometría de la toma. Estas variaciones y sus errores son:
 - Aleteo: Consiste en basculamientos sobre el eje paralelo al vector velocidad o desplazamiento del satélite.

- Cabeceo: Son basculamientos sobre el eje horizontal, perpendicular al sentido de avance del satélite.
 - Ladeo: Son giros sobre la vertical del satélite.
 - Variaciones en altura: Producen cambios de escala.
 - Variaciones en velocidad: Producen aglomeraciones y espaciamientos en la imagen.
- b) Errores provocados por la rotación terrestre: consisten en desplazamientos sucesivos de las líneas perpendiculares a la traza debidos al movimiento terrestre mientras se efectúa el barrido de la imagen.
- c) Errores por el tiempo de barrido de las líneas: se producen por el desplazamiento del satélite mientras barre una línea. Por eso las líneas serán ligeramente oblicuas a la traza del satélite.
- d) Distorsión por la curvatura de la tierra: Es muy importante en satélites de gran altura de toma de datos, como los geoestacionarios, por ejemplo. En este caso no es muy relevante ya que Landsat 8 tiene una altura orbital de 705 km de altura.

Muchos de estos errores se pueden corregir, al menos parcialmente, mediante rotaciones, traslaciones y cambios de escala.

Ya que la corrección geométrica de la imagen es imprescindible para poder superponer sobre ella cualquier información cartográfica auxiliar se ha optado por el proceso de corrección riguroso mediante puntos de control.

4.2.2.1. Georreferenciación mediante puntos de control.

Este método consiste en localizar una serie de puntos comunes a la imagen y las fuentes cartográficas de referencia. A partir de las coordenadas imagen y mapa de esos puntos se calculan unas funciones de ajuste que relacionan ambos sistemas.

Para que el ajuste entre imagen y mapa sea correcto, se requiere tener en cuenta tres aspectos: el número, la localización y la distribución de los puntos de control.

- El número de puntos de control idóneo depende del tamaño y la complejidad geométrica de la imagen. Cuanto más complejo sea el terreno se requerirán funciones de transformación más complejas y a su vez, a mayor grado y complejidad de la ecuación de ajuste se precisarán también un mayor número de puntos de control. Por tanto, en caso de que el relieve del terreno de la zona sea importante convendrá seleccionar un mayor número de puntos y acudir a polinomios de transformación más complejos. En este trabajo se impuso un número mínimo de puntos (60 puntos), para que la corrección fuese válida, descartando los puntos que superen el umbral mínimo de precisión.
- Respecto a la distribución, conviene que estos puntos se sitúen uniformemente sobre todo el territorio, abarcando ambas imágenes e incrementando su densidad en aquellas zonas que presenten áreas de distinta altitud.
- La localización de los puntos deben ser claramente identificables en la imagen y en el mapa, preferiblemente se escogerán elementos artificiales del paisaje, no sujetos a cambios temporales, tales como cruces entre carreteras, presas, centros de balsas, vías de ferrocarril, etc...

Para iniciar la ejecución de esta corrección, el mapa digital tomado como referencia para la georreferenciación de la imagen a tratar ha sido el IBERPIX.

El IBERPIX es un visor web de mapas del IGN mediante el cual se puede acceder a cualquier zona mediante ortofotografías aéreas e imágenes de satélite, donde cada elemento está dotado de coordenadas planimétricas en el sistema de referencia ETRS89.

En total se tomaron 61 y 77 puntos para la imagen más occidental y para la segunda imagen respectivamente, situados principalmente sobre cruces de carreteras y caminos, y dispuestos en ambas imágenes lo más uniformemente

posible. La diferencia en el número de puntos de ambas imágenes se debe a que la imagen más occidental, donde aparece el cabo de Finisterre, tan solo tiene una parte de la península ya que la mayor parte de la imagen está ocupada por el Océano Atlántico y por tanto se han utilizado un menor número de puntos para hacer la corrección geométrica.

La corrección geométrica se realiza en la imagen mediante funciones que transforman las coordenadas actuales (x, y) de los puntos de control en coordenadas corregidas (u, v) del mapa de referencia en una determinada cartografía. Como estas ecuaciones son, en general, desconocidas, se emplea una aproximación de las mismas que consiste en tomar los primeros términos de su desarrollo en serie, dando lugar a funciones polinómicas (fórmula 2) del tipo:

$$u = \sum_{p=0}^n \sum_{q=0}^{n-p} a_{pq} x^p y^q$$

$$v = \sum_{p=0}^n \sum_{q=0}^{n-p} b_{pq} x^p y^q$$

(Fórmula 2)

Donde n representa el grado del polinomio. Si n= 0, la función de ajuste representa una simple traslación de coordenadas; si n=1, la corrección incluye traslación, rotación y cambios de escala. Si n=2, la transformación incluye correcciones residuales aleatorias. Normalmente, la calidad espacial de los datos procedentes del satélite no hace necesaria una corrección con polinomios de grado superior a 2, por eso se ha aplicado una corrección polinómica de segundo orden. Los coeficientes a_{pq} y b_{pq} se determinan por ajuste mínimo cuadrático a partir de las coordenadas primitivas y corregidas de los puntos de control.

En este caso las ecuaciones planteadas en formato de Envi son las siguientes:

$$u = a_{(0,0)} + a_{(0,1)}x + a_{(0,2)}x^2 + a_{(1,0)}y + a_{(1,1)}xy + a_{(1,2)}x^2y +$$

$$a_{(2,0)}y^2 + a_{(2,1)}xy^2 + a_{(2,2)}x^2y^2$$

$$v = b_{(0,0)} + b_{(0,1)}x + b_{(0,2)}x^2 + b_{(1,0)}y + b_{(1,1)}xy + b_{(1,2)}x^2y + b_{(2,0)}y^2 + b_{(2,1)}xy^2 + b_{(2,2)}x^2y^2$$

El cálculo de los coeficientes se realiza mediante un sistema de nueve ecuaciones con nueve incógnitas y por este motivo el número mínimo de puntos de control que hay que realizar para el ajuste de segundo grado será de nueve.

Los puntos usados en el ajuste son válidos si tienen un residuo inferior a un determinado umbral de precisión. El criterio adoptado en cuanto a este umbral es el siguiente:

- Para el error medio cuadrático (RMS), individual de cada punto, se ha considerado que el umbral máximo es de un píxel de error (30 metros).
- Para el error medio cuadrático global se ha considerado que el error no debe sobrepasar los 2/3 del tamaño del pixel:

$$RMS < \frac{2}{3} \text{ de pixel} = 0,66667 * 30 \cong 20 \text{ m}$$

Antes de realizar la transformación, con ayuda de Envi 4.7, hay que fijar los datos iniciales respecto a la proyección de las imágenes, para que las coordenadas de la imagen georreferenciada y las del visor empleado para georreferenciarla se encuentren en el mismo sistema de coordenadas, para este trabajo los parámetros son; proyección cartográfica UTM, huso 29 Norte, datum ETRS89 que utiliza como elipsoide de referencia el WGS84. También fijar un tamaño de pixel de 30 metros. Teniendo todos los parámetros fijados se procede al registro de puntos.

Se van añadiendo los puntos de control en tierra (GCPs) de forma individual, moviendo la posición del cursor en la imagen Landsat, hasta encontrar un punto del cual se conocen sus coordenadas, punto fácilmente identificable. Y, por último, se introducen de forma manual las coordenadas cartográficas conocidas. (*Anejo III Distribución de los puntos de control*),

Tras el proceso, la imagen multiespectral queda transformada y el resultado conseguido es el siguiente:

$$\text{Imagen nº 1} \rightarrow \text{Error Medio Cuadrático (RMS)} = 1,0527 \text{ metros}$$

Imagen nº 2 → Error Medio Cuadrático (RMS) = 0,5667 metros

En el *Anejo IV Georreferenciación* se muestran los coeficientes empleados en el ajuste y los resultados numéricos individual y colectivamente de ambas imágenes.

Tras la corrección geométrica, las celdas corregidas no están en posiciones enteras de la columna y fila y por ello se realiza un remuestreo, con el objetivo de adaptar a la rejilla del sistema la imagen transformada, recalculando los niveles digitales de cada posición en función de los de su entorno consiguiendo como resultado la imagen corregida.

El remuestreo elegido es por Convolución Cúbica en el que se involucran las dieciséis celdillas más cercanas al pixel considerado. Los Nd de las dieciséis celdillas de la imagen transformada se interpolan en grupos de cuatro líneas de cuatro pixeles cada una para formar cuatro interpolantes. Posteriormente se realiza otra interpolación lineal entre los cuatro valores obtenidos para asignar el resultante a la celdilla corregida. Este método asegura que la interpolación pase por los valores conocidos en los centros de las celdillas.

Llegando a este momento, ya se puede considerar que la imagen queda corregida y georreferenciada.

4.2.3. Edición final de las imágenes

4.2.3.1. Composición en color

La imagen digital capturada desde el satélite no es más que un conjunto ordenado de números. El resultado de cargar una sola banda y visualizarla a través del monitor en color será el de una imagen en blanco y negro, poco atractiva. Sin embargo, la aplicación del color en una imagen, facilita los procesos de análisis visual y la preparación para otros tratamientos digitales. Para generar imágenes en color se recurre a dos procedimientos: composiciones en color verdadero y aplicaciones en pseudocolor:

- Composición en color verdadero: Equivale a la imagen real percibida por el ser humano. Se genera mediante la asignación de las bandas 2,3,4, es decir los colores azul, verde y rojo respectivamente.
- Composición en falso color: Consiste en cualquier asignación diferente de la anterior. Con el fin de visualizar el máximo de información no redundante, es necesario utilizar las bandas que presenten la mayor varianza y el mínimo coeficiente de correlación entre ellas. Una composición en falso color es una traslación de los colores no visibles a los canales RGB. Para conseguir la mejor combinación entre las bandas se utiliza el índice óptimo, OIF (fórmula 3), cuya expresión es:

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 s_k}{\sum_{j=1}^3 ABS(r_j)}$$

Donde:

s_k =desviación típica de los Nd de cada una de las tres bandas

r_j = coeficiente de correlación entre cada uno de los posibles pares de bandas.

(Fórmula 3)

Para asignar a nuestras imágenes la mejor combinación, se ha llevado a cabo el cálculo de posibles combinaciones entre banda. Tras analizar los resultados, se ha seleccionado aquellas combinación que tiene el mayor valor de OIF, eligiendo la combinación 651, que aunque no obtiene el mayor índice OIF está dentro de los valores más altos, y por una razón visual y estética se ha seleccionado esta combinación. En el *ANEJO V. Cálculo del índice óptimo OIF* se muestran los resultados del cálculo así como las diferentes combinaciones.

4.2.3.2. Mosaico

Una vez que ambas imágenes están corregidas radiométricamente y geométricamente, además de asignarle una composición en color se realiza un mosaico con las dos imágenes.

Este proceso se ha realizado con ayuda de Envi y, al tener las dos imágenes georreferenciadas previamente ha sido un proceso fácil de realizar ya que se ha producido el solape de ambas imágenes de forma automática al tener puntos comunes.

En el mosaico realizado se aprecia el solape entre las dos imágenes, sobretudo, en la zona del océano y en la zona sur, para resolver este problema se ha decidido hacer un recorte de la zona de interés. En el *ANEJO VI* se muestra el mosaico formado por ambas imágenes.

4.2.3.3. Recorte

Como se ha mencionado anteriormente se realiza un recorte con el objetivo de reducir al máximo la zona de trabajo y eliminar toda la información que no resulte útil, ya que, hasta el momento se ha estado trabajando con una zona bastante más amplia de la que realmente correspondería a la zona de trabajo.

Para el recorte, ENVI permite la opción de hacerlo manualmente, dónde se dibuja el rectángulo de recorte de la imagen, o bien, introduciendo las coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha, ésta segunda opción fue la empleada finalmente, y las coordenadas introducidas para el recorte fueron las siguientes:

Coordenadas de la esquina superior izquierda:

- $\varphi = 43^{\circ} 50' 8.1''$ N ; $\lambda = 9^{\circ} 23' 4.5''$ W

Coordenadas de la esquina inferior derecha:

- $\varphi = 42^{\circ} 31' 52.9''$ N ; $\lambda = 6^{\circ} 33' 38.9''$ W

4.2.3.4. Filtrado y expansión del histograma

El filtrado digital es una transformación de la imagen mediante operadores locales. En la imagen filtrada, el Nd de cada celdilla es función de los Nd de las celdillas de su entorno en la imagen inicial, sin modificación de coordenadas. El filtro

se aplica a la imagen para aislar o destacar elementos de interés transformando los Nd originales, bien para aproximar sus valores a los de sus vecinos, o bien para diferenciarlos más aún.

Cuando la dinámica de la imagen es débil, es decir, cuando el contraste es reducido, la detección de paisajes dentro de la escena y la delimitación de fronteras suele ser dificultosa. En estas circunstancias, se trata de buscar un operador que consiga una imagen transformada más contrastada y nítida para el analista, ya que la interpretación será tanto más eficiente cuanto mayor definición exista en la imagen.

Los filtros de paso alto son aquellos que refuerzan los componentes de alta frecuencia en la imagen sin eliminar los de baja. El resultado es el énfasis de los contrastes entre áreas contiguas, por lo que tienden a remarcar los rasgos lineales de la escena, trata de aumentar digitalmente el contraste entre Nd de los vecinos.

En este trabajo se ha optado por aplicar un filtro de paso alto de refuerzo de bordes, llamado Filtro Laplaciano, al mosaico recortado previamente, que consiste en la aplicación de matrices o ventanas de filtrado. Para detectar las fronteras entre áreas contiguas de la imagen con independencia de la dirección de aquellas, es necesario asignar un peso idéntico a las celdillas circundantes a la central, y un peso igual a la suma de todos los coeficientes periféricos, pero de signo contrario, para la celdilla central.

En este trabajo se ha aplicado el Filtro Laplaciano + imagen cuya matriz resultante es:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Se puede apreciar en el mosaico filtrado cómo se han realzado los elementos lineales con respecto a la imagen sin filtro.

Después de aplicarle el filtro, editamos por último el mosaico para conseguir la tonalidad deseada y utilizarlo como base para el mapa.

Para conseguir la tonalidad deseada expandimos el histograma, esto ha consistido en ir “estirando” el histograma de manera que se cree una nueva paleta que haga corresponder todo el rango de niveles disponibles al rango de N_d presentes en la imagen de manera que no se produzca saturación en ninguno de los colores que forman la composición RGB. En el *ANEJO VII. Expansión del histograma* se refleja este último paso.

Tras este último paso se puede decir que la edición del mosaico formado por ambas imágenes ha finalizado y que se ha obtenido una base perfectamente georreferenciada para el mapa, en el *ANEJO VIII. Mosaico base para el mapa-guía* se aprecia el resultado final.

4.3. Diseño y producción cartográfica.

En general puede decirse que el diseño final del mapa debe realizarse de manera que, por un lado cumpla con fidelidad los objetivos iniciales marcados, y por otro lado, que reúna una serie de características que lo hagan apto y atractivo para el usuario. Sin embargo debe aumentarse la precisión y concreción en este sentido, de modo que los requerimientos exigidos del mapa se pueden clasificar bajo dos puntos de vista fundamentales:

- Desde el punto de vista eminentemente técnico: Exigiendo en todo momento que mantenga una rigurosidad técnica en relación tanto a los procesos como a los resultados obtenidos. En este sentido, se deberá exigir al mapa que cumpla tres condiciones: rigor, calidad y actualización.
- Desde un punto de vista puramente práctico: Atendiendo en este sentido al cumplimiento de unas características mucho más generales y prácticas. Las características exigidas al mapa en este caso serán: utilidad práctica, comodidad, interpretabilidad y novedad.

Aspectos a tener en cuenta en la producción del mapa:

Rigor científico: Debe cumplir todos y cada uno de los preceptos impuestos por las diferentes ramas o ciencias que intervienen en cada momento en el proceso de elaboración y producción del mismo. Trabajo de campo (en el caso de que se realice esta fase), Teledetección, producción y edición cartográfica, etc.

Calidad: Debe responder a las necesidades del futuro usuario, proporcionando una información lo más completa posible.

Actualización: Debe contener información actualizada.

Unidad práctica: De modo que responda a todas las posibles preguntas que durante una excursión o visita puedan surgir, de acuerdo al objetivo marcado.

Comodidad: Debe de ser un producto cómodo tanto de transportar como de consultar. Debe tenerse en cuenta que va a ser empleado fundamentalmente al aire libre, y por tanto está expuesto a unas condiciones ambientales variables.

Novedad: Debe tratarse de un producto que introduzca mejoras respecto a productos similares que ya se encuentran en el mercado. Esto hará que se le dé sentido a su producción y divulgación.

Aparte de los requerimientos citados, han de tenerse en cuenta otros aspectos relacionados con el producto, como son la escala, la información contenida y el soporte empleado.

4.3.1. Diseño del producto cartográfico.

La imagen de fondo que contendrá el mapa-guia tiene un carácter cualitativo, lo que nos permite cambiar el tono de la imagen base, no debiendo utilizar necesariamente un escalado en el color. La elección de los colores se ha llevado a cabo intentando relacionarlos en la medida de lo posible con el color natural o que se identifique claramente con cada una de las capas.

La imagen obtenida tras los tratamientos del proceso anterior, presentaba en principio una gran saturación en algunos de sus colores, sobre todo el verde. Para mejorar su visualización, se han empleado las herramientas de las que dispone el programa ArcGIS consiguiendo una imagen lo más parecida posible a la realidad, y con la mayor calidad posible para albergar todos los elementos vectoriales sin que sufrieran ningún deterioro visual.

4.3.1.1. Escala de edición.

La escala es el parámetro que con más relevancia va a condicionar el diseño del producto final. Entre otras cuestiones, limita la cantidad de información a incluir, y por tanto, el nivel de detalle con el que se va a incluir dicha información.

Este parámetro merece especial atención en el presente trabajo, ya que en él confluyen múltiples factores que van a condicionar su elección. No solo están los clásicos condicionantes como la extensión a representar, la cantidad de información a soportar o las dimensiones finales del producto cartográfico, sino que existen otros factores limitadores, como es el caso del empleo de imágenes de satélite como fondo del producto.

La primera condición que ha permitido establecer un intervalo de partida para la elección, es la extensión de la zona a cartografiar, aproximadamente de 288 kilómetros de longitud a representar. Inicialmente se planteó el empleo de una escala relativamente pequeña y que estuviese comprendida entre 1/100000 y 1/500000. Estas escalas no permitirán incluir información de gran detalle, obviamente, ya que sobrecargaría mucho el mapa, pero serán suficientes para soportar los datos de interés de acuerdo al objetivo planteado.

Otro factor de importancia es el uso que se le va a dar al producto final. Como se ha indicado en el correspondiente apartado, el objetivo que se persigue es el de elaborar un mapa-guía de senderos, enfocado al senderista de a pie, por ello se han de reunir dos requisitos fundamentales, ligereza y facilidad de transporte, sin olvidar que, el producto debe de ser amplio para que abarque la mayor información posible y permita que el senderista se ubique en todo momento.

Finalmente, habrá de tratarse el condicionante incluido por el empleo de las imágenes de satélite. Estableciendo el límite de la percepción visual en 0,2 milímetros, el valor correspondiente en las escalas planteadas será para 1/100000 de 20 metros y para 1/500000 es de 100 metros. El error teórico que se tendrá con las imágenes Landsat es de 30 metros de tamaño de pixel, con lo que se podrá elegir una escala comprendida en el intervalo propuesto sin ningún problema. No

obstante, el error global conseguido en el proceso de georreferenciación fue inferior a 5 metros. Además de esto, se ha de tener en cuenta que la función de la imagen en el mapa es la de dar realismo al mapa en sí, siendo incluida en él como base, por lo tanto se llegó a la elección de la escala que más convenía al trabajo, en función del tamaño final del mapa, y de la cantidad de elementos a representar en él.

Por todo lo anteriormente explicado, se acabó optando por una escala 1/300000, ya que el sensor proporciona una resolución espacial más que suficiente, y además se ajusta perfectamente a las dimensiones finales del producto entre unos parámetros razonables.

De igual modo, presenta una serie de inconvenientes que se deben tener en cuenta para minimizar los defectos del producto, como son:

- Disminución del nivel de detalle con el que se va a representar la información.
- Posible pérdida de información como consecuencia de la generalización.

4.3.1.2. Formato.

Junto con la elección de la escala y teniendo en cuenta los aspectos anteriores se debe elegir un formato de salida adecuado, ya que de este también dependerá la información descriptiva a seleccionar para introducir en el mapa.

Para el formato final del mapa no se eligió un formato estandarizado, sino que será de 84x44 centímetros. Permitiendo así un tamaño que ayuda a la buena funcionalidad de su consulta permitiendo incluir una información descriptiva más variada con respecto a otros formatos más pequeños. Aunque aparentemente puede ser incómodo de transportar, se ha pretendido con su doblado que el formato final del mismo se pueda meter fácilmente en una mochila o llevar consigo.

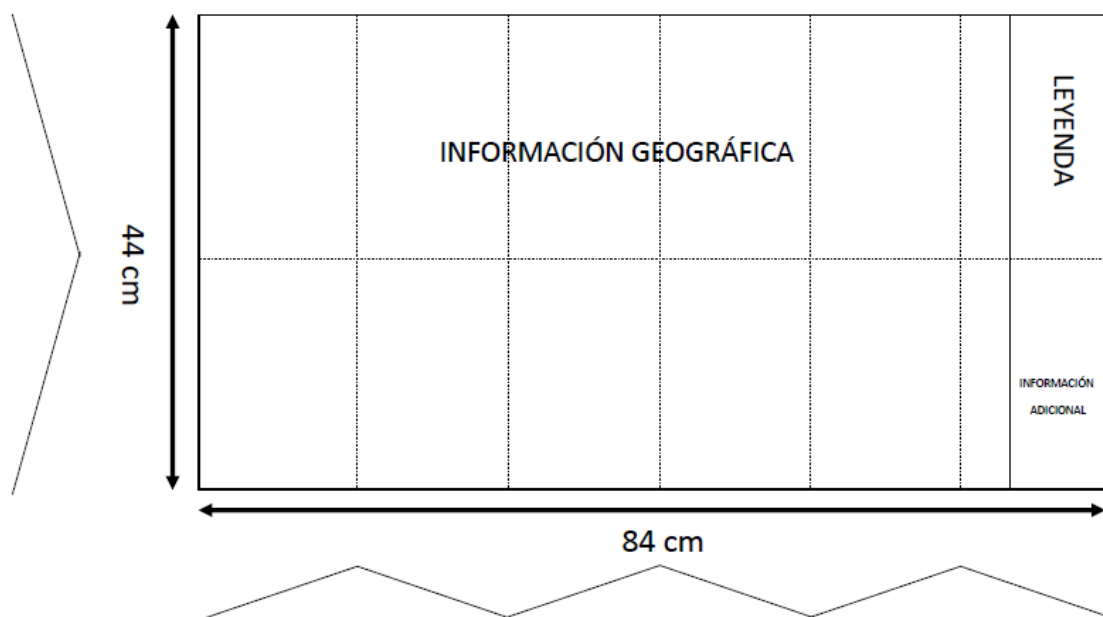


Ilustración 3. Esquema de doblado por la parte delantera

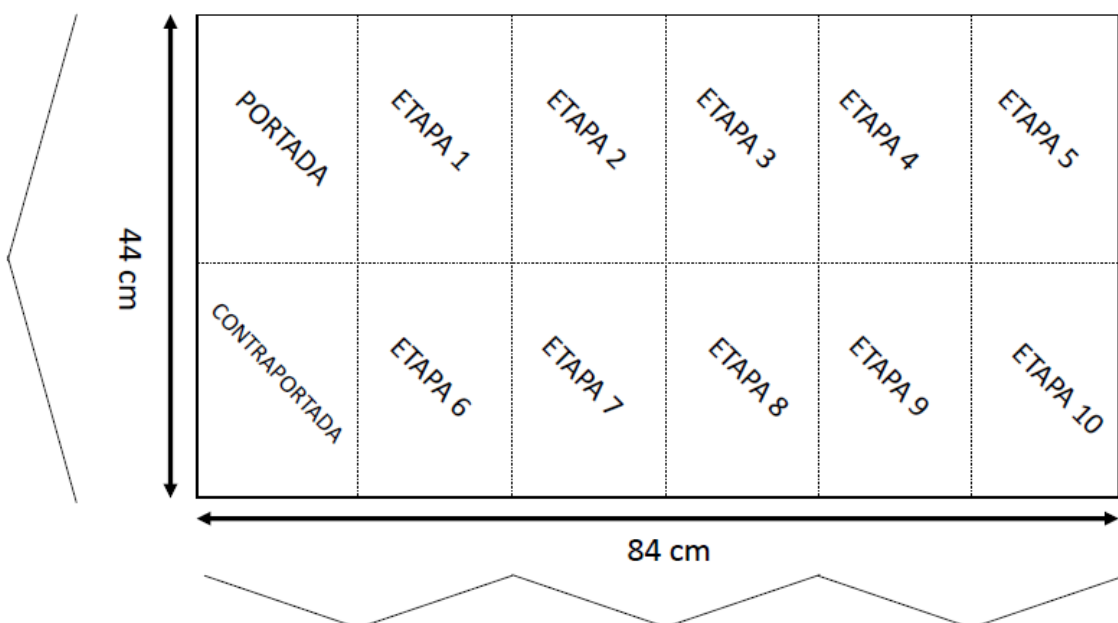


Ilustración 4. Esquema de doblado por la parte trasera

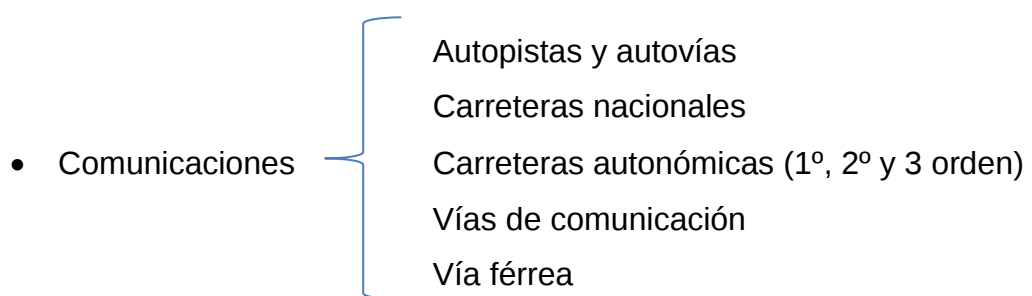
De este formato, finalmente se establece un formato de 14 x 22 cm que permite cubrir toda la extensión de la zona a cartografiar con 6 plegados longitudinales y 2 transversales.

4.3.2. Selección de la información geográfica.

La presentación de esta última fase del proyecto, ha supuesto una dedicación secuencial y detallista, con el objetivo prioritario de optimizar el resultado final, y proporcionar así una sencilla interpretación del producto cartográfico.

Antes de proceder a la composición del mapa se selecciona la información geográfica de partida. Esta información ha sido, mayormente, descargada del instituto geográfico nacional (IGN) en formato de CAD y tras extraer la información relevante para el trabajo se ha transformado en formato .shp para trabajar y poder editar más fácilmente la información a través de un programa SIG como es el ArcGIS. Las capas extraídas y transformadas a formato shape fueron las siguientes:

- Camino de Santiago



- Hidrografía, que recoge toda la información sobre los ríos, arroyos, embalses, presas, rías, ...así como la toponimia de cada elemento hidrográfico.

- Relieve, ofrece capas de información de los puertos de montaña y picos, tanto su localización como cota y topónimo. Así mismo, también se disponía de la información al completo de las costas gallegas y asturianas, importante para el mapa ya que dentro del mismo están comprendidas las costas gallegas y una pequeña parte pertenecientes a la comunidad de Asturias.
- Límites administrativos
 - Límite autonómico
 - Límite provincial
 - Límite municipal
- Núcleos de población, esta capa aborda desde ciudades principales, como capitales de provincia, hasta pequeñas aldeas importantes también para el mapa ya que la ruta del norte transcurre en su mayoría por pequeños pueblos o aldeas. Además de su ubicación ofrece la toponimia.

Los elementos puntuales, como aeropuertos, estación de trenes, estación de autobuses, gasolineras, oficinas de turismo, restaurantes/bares, hoteles y albergues, campings, centros de salud, localización de vistas paisajísticas, lugares de interés y monumentos han sido obtenidos de diversas páginas actualizadas del camino de Santiago con el objetivo de que la información dada sea real a día de hoy.

4.3.3. Confección del Mapa-guía

La confección del mapa es el último paso antes de acabar el trabajo. La información que se desea expresar y destacar en un mapa, así como los lectores y usuarios de esta información, son los factores externos que determinan la configuración del mapa impreso. La forma del área de estudio, el tamaño del papel y la escala son factores técnicos que inciden igualmente en el diseño y distribución de los elementos del mapa. Todos estos factores, en conjunto, delinean la apariencia general que tendrá el mapa elaborado para una salida cartográfica de calidad.

- Recorte de la imagen.

Tras realizar el mosaico en fases anteriores se puede observar que en la zona del Océano Atlántico y el Mar Cantábrico se aprecia el solape de ambas imágenes, para solventar esto seleccionamos con ayuda de ArcGis la opción “Extract by mask” que consiste en realizar un recorte de la imagen con una máscara que, en este caso, es el contorno de la zona de la península a tratar.

Una vez obtenido el recorte de la imagen se le aplica un fondo simulando el océano y el mar que hay en la zona.

A continuación ya se puede proceder a superponer los elementos cartográficos sobre la imagen recortada y con fondo. *En el ANEJO X. Mosaico recortado y con fondo* se muestra esta última operación realizada.

- Edición y simbología de elementos lineales.

Una vez extraída toda la información de elementos lineales se procede a ir superponiendo las capas con una jerarquía, es decir, otorgándole la importancia que posee cada elemento.

Al ir superponiendo capas se observó que era necesario digitalizar ciertos elementos gráficos a introducir en el mapa debido a que alguna información vectorial aparecía incompleta. Estos elementos fueron sobretudo elementos lineales como caminos, pistas de comunicación, así como parte de las propias rutas del camino.

Para algunas carreteras muy sinuosas ha sido necesaria su generalización, reduciendo el número de vértices de las líneas que la representan ya que en determinados casos la excesiva representación de puntos hace que entorpezcan su visualización. Para ello, se emplea un simple algoritmo, integrado en el programa ArcGis, que reduce eficazmente por una línea rápida la eliminación de puntos redundantes. Además, se efectuaron diversos suavizados para mejorar la calidad estética. Un ejemplo de elemento suavizado fué los límites administrativos.

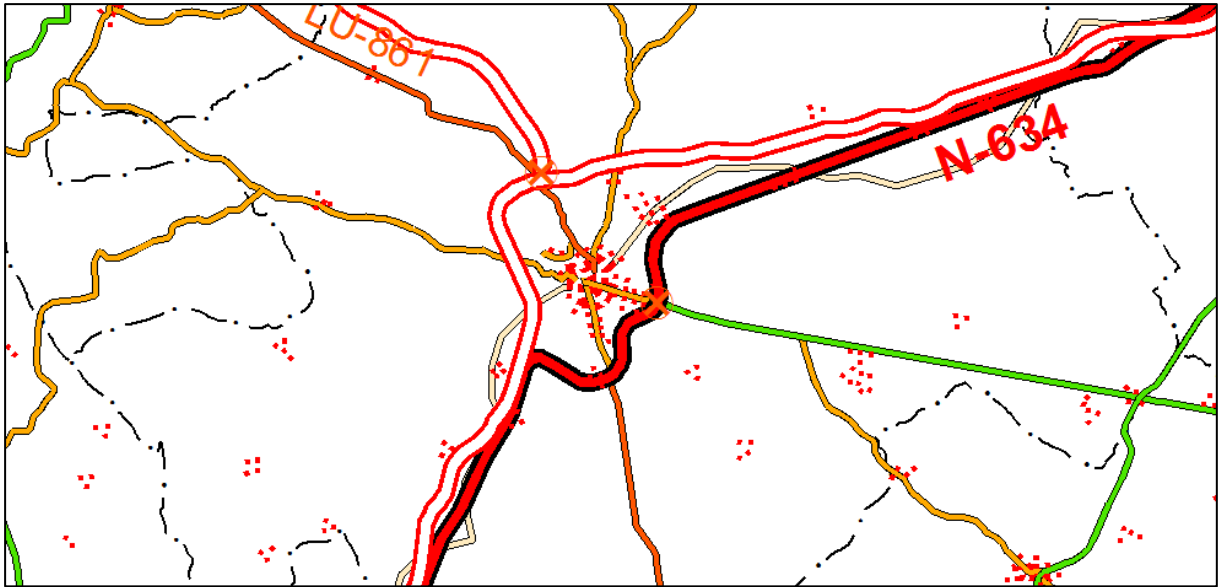


Ilustración 5. Generalización y suavizado de vías de comunicación

Respecto a la hidrografía, se tomó la decisión de eliminar los ríos de longitud inferior a 2 km aproximadamente para no sobrecargar el mapa. Además se dispuso una jerarquía de dos niveles dándole un mayor grosor a los ríos de mayor longitud y por tanto mayor importancia con respecto a los arroyos.

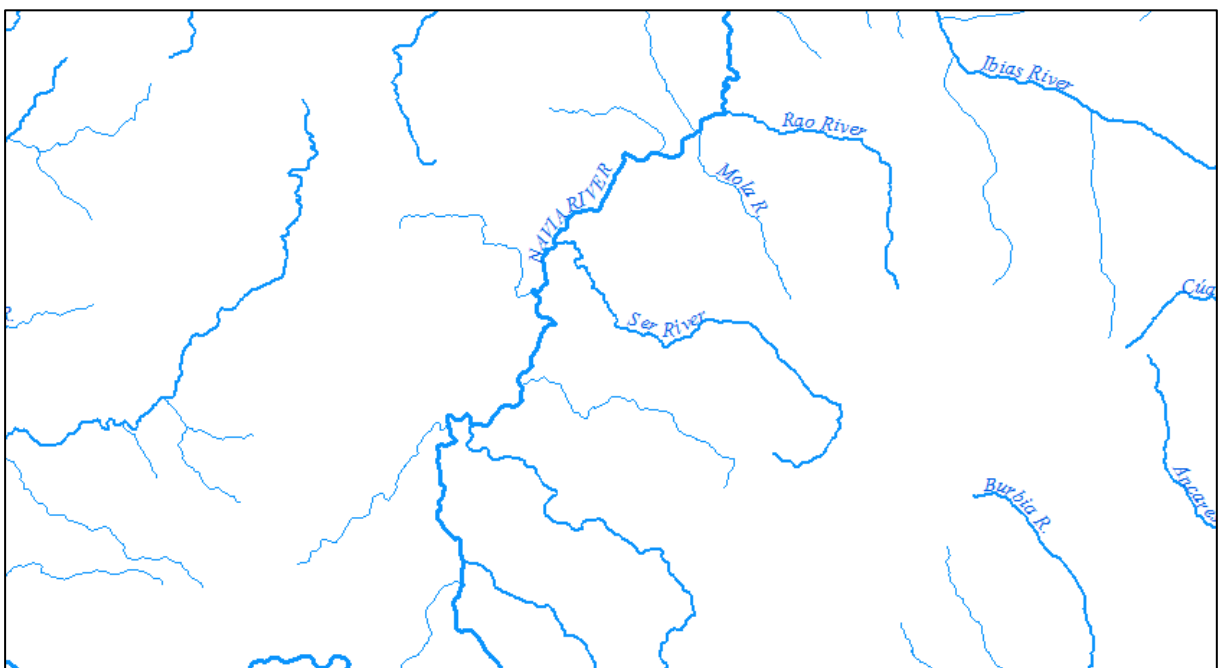


Ilustración 6. Ríos y arroyos (Jerarquización)

Para los símbolos lineales se contrastó con la simbología empleada en los mapas del IGN, más concretamente los empleados en el MTN50.

La toponimia es una manera de añadir texto descriptivo a las entidades de un mapa. Las etiquetas se ubican dinámicamente y el texto de las etiquetas se basa en atributos de entidad. En algunos casos se utilizó una toponimia dinámica para todas las entidades de una capa y en otros casos se utilizó clases de etiquetas para especificar distintas propiedades de etiquetado para las entidades de una misma capa.

En este trabajo se ha incluido las siguientes clases, aunque no en su totalidad para evitar una excesiva aglomeración de nombres:

- Ciudades principales
- Pueblos (con un mayor número de habitantes)
- Aldeas (con un mayor número de habitantes o que estén situadas en el trazado del camino del norte).
- Hidrografía (Ríos, arroyos, embalses, rías, océano y mar)
- Geografía y relieve (Golfos, cabos, bahías, calas, sierras,...)
- Matrícula de vías principales de comunicación (autopistas, autovías y carreteras nacionales)

Para cada una de las diferentes clases de toponimia se han diferenciado con la altura de los textos, los tipos de letra y la dirección, unificando cada clase con los tipos de letra más comúnmente utilizados en los mapas convencionales.

- Edición y simbología de elementos puntuales.

Tras un análisis de los productos cartográficos disponibles, como son mapas en internet o folletos informativos sobre la ruta del norte del Camino de Santiago, y tras seleccionar y actualizar la información de mayor interés para el mapa, se decidió incorporar a la leyenda un conjunto de símbolos que representan la información. Un aspecto importante es el diseño de esa simbología, que debe regirse por las normas

y principios de la semiología gráfica. Algunos aspectos a tener en cuenta serían el contraste con otros elementos del mapa, un tamaño mínimo para ser visualizado correctamente y que los símbolos fueran intuitivos y comprensibles muchas veces sin echar mano del rótulo en la leyenda de cada uno de ellos.

Para los signos puntuales, teniendo en cuenta lo que se pretendía que transmitieran en función de lo que representaban, se buscaron signos acordes con cada elemento, la mayoría fueron elegidos dentro de los símbolos que el mismo programa ofrece ya que son muy diversos.

Los símbolos utilizados para indicar el número de etapa en el mapa fueron diseñados con el programa autocad 2002, ya que los que se eligieron en un primer momento no se apreciaban correctamente en una primera prueba de impresión que se realizó.

Ambos tipos de elementos tanto lineales como puntuales quedan perfectamente definidos en la leyenda del mapa que se muestra a continuación.

LEGEND

HIGHWAY NETWORK

-  Motorway
-  Highway
-  National highway
-  Secondary road 1
-  Secondary road 2
-  Secondary road 3
-  Communicating routes
-  Railroad

ADMINISTRATIVE BOUNDARIES

-  + • + Autonomous boundary
-  + - + Provincial boundary
-  . . . Municipal boundary

POPULATION

-  City
-  Town
-  Small town

RIVER AND RESERVOIR

-  Stream
-  River
-  Reservoir

SIMBOLOGY

-  Airport
-  Train station
-  Bus Station
-  Junction
-  Crossroads
-  Petrol Station
-  Tourist Office
-  Hotel
-  Hostel
-  Camping
-  Primary care
-  Restaurants
-  Scenic View
-  Points of Interest
-  Monument
-  Natural Park

The Northern Way

Stages

-  Luarca - A Caridá
-  A caridá - Ribadeo
-  Ribadeo - Vilanova de Lourenzá
-  Vilanova de Lourenzá - Abadín
-  Abadín - Vilalba
-  Vilalba - Baamonde
-  Baamonde - Sobrado
-  Sobrado - Arzúa
-  Arzúa - O Pedrouzo
-  O Pedrouzo - Santiago de Compostela

Se han añadido dos rejillas, en negro las coordenadas UTM con espaciado de 50 km, y en azul las coordenadas geográficas con un espaciado de 1 grado. Ello servirá para tener una aproximación relativa en cuanto a las distancias en el mapa.

Lo novedoso de este mapa es la inclusión, tanto en planta como en alzado, de una serie determinada de etapas del Camino del Norte (las 10 últimas etapas) pudiendo servir como reclamo turístico o deportivo. Se ha fraccionado este tramo del Camino en 10 etapas de una media de 22 km cada una, teniendo unas más longitud que otras, dependiendo de la dificultad que presenten. La forma de ser representadas en el mapa ha sido mediante una escala de color cualitativa con un símbolo con el número y color correspondiente a la etapa que se explica en el reverso del mapa.. A lo largo de cada una de las etapas encontramos diferentes símbolos que hacen referencia a lugares de interés o servicios que hay en la zona.

Otra novedad es la inclusión de un localizador en la esquina superior izquierda, ya que se encontraba un espacio inutilizable en el mapa y se pensó que insertar un elemento como este podría ser un acierto. La finalidad de este localizador es la ubicación inmediata a primera vista del peregrino que no conozca la zona. En el localizador aparece un mapa de la península especificando la localización de Portugal, España y Francia, así como recalando con un recuadro la zona de interés. En el *Anejo X. Localizador de la zona de interés* se muestra el localizador utilizado para el trabajo.

Además del localizador se han añadido dos escalas gráficas, un norte geográfico y otros datos informativos sobre la referencia espacial como son el sistema de referencia, datum, y proyección en la cual se encuentra georreferenciado el mapa además del nombre de la autora del mapa.

Para hacer el producto más completo y atractivo, se decidió incluir en el reverso del mapa, información de interés para el usuario, tal como los números de teléfono de los principales albergues que se va encontrando por el Camino, breve descripción de las localidades por las que la ruta tiene su trayecto, así como fotografías de las mismas. Una serie de consejos considerados interesantes, como la forma de acceder a las diferentes etapas o los servicios que se pueden encontrar, debido a que la gente que utilice este mapa-guía puede ser tanto principiante como

veterana. Gracias al formato final de doblado 14 x 22 cm se puede consultar el mapa sin necesidad de estar completamente desplegado, ya que los pliegues del mismo se han pensado para ir viendo etapa por etapa, siendo aún más cómodo de manipular.

En la contraportada podemos visualizar un pequeño texto resumiendo la historia del Camino del Norte además de información adicional relacionada con los metadatos del mapa, es decir, fuente de la imagen, fuente de la información vectorial y fecha de elaboración del producto.

Por último se elaboraron los perfiles longitudinales de cada una de las etapas. El método utilizado consistió en descargar un Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona en el IGN sobre el cual fueron digitalizadas en 3D cada una de la rutas, y con ayuda de ArcGIS se obtuvieron los perfiles longitudinales que fueron editados para que estéticamente estuviesen acordes con el mapa. Los perfiles han sido situados en el reverso del mapa junto con la explicación de su correspondiente etapa. En el *ANEJO XI. Perfiles Longitudinales* quedan reflejados.

- Impresión.

Para la combianación final de colores, tanto entre el mapa, como la leyenda y el reverso se hicieron diversas pruebas de impresión en papel, hasta encontrar la más adecuada. Las pruebas fueron necesarias, para comprobar la correcta visualización del mapa, ya que de formato digital a formato papel, no se aprecian los mismos detalles, y la visión difiere bastante. Además de lo anterior en estas pruebas de impresión se comprobó que tanto el formato como la escala fuesen correctos.

Para realizar la impresión final del documento gráfico hubo serios problemas ya que es un formato especial y los plotters disponibles en las imprentas no realizan impresiones a doble cara.

4.3.4. Control de calidad posicional

Esta componente de la calidad hace referencia a las exactitudes planimétricas y altimétricas de la misma. La exactitud posicional es indispensable en base de datos geográficos de carácter básico (o topográfico) y aún más cuanto mayor es la escala, dado que esta información es un apoyo esencial para los trabajos de ingeniería. Una base de datos geográfica (BDG) de mala calidad puede causar serios perjuicios, por lo que el control de calidad posicional es ineludible en la producción cartográfica.

En el proceso cartográfico de generalización de una BDG los errores pueden provenir tanto de los datos como de los procesos propiamente dichos, pero, en cualquier caso, el error se transmite y aumenta, en la mayoría de las veces, a lo largo de la cadena productiva. Existen dos formas básicas de estudiar el error final de una cartografía.

La estadística es una forma de estudio que consiste en observar el mapa definitivo y contrastar su calidad mediante un test estadístico sobre una muestra de datos de comprobación que se consideran representativos. Ejemplos son los test NMAS (USBB, 1947) o el test EMAS (ASCI, 1983, ASP, 1985, Veregin, 1989). Los métodos estadísticos son los únicos que permiten establecer niveles de confianza. Todos los test empleados se basan en la comparación del mapa con una fuente de mayor exactitud. Ésta podrá ser bien un mapa de mayor exactitud posicional (Cartografía a escala significativamente superior y /o con una mayor calidad posicional controlada previamente), o bien datos tomados sobre el terreno con una exactitud superior a la de la cartografía a analizar.

Componentes de error en distintas fases de la producción cartográfica		
Operación	Menor valor (+/-) mm	Mayor valor (+/-) mm
Levantamiento de control	0,005	
Trazado de control	0,01	0,32
Trazado de detalle	0,15	0,30
Compilación	0,30	0,32
Dibujo en limpio	0,06	0,18
Reproducción	0,10	0,20
Registro de color	0,17	0,30

Tabla 3.

En este trabajo se ha aplicado el test de calidad posicional NMAS (National Map Accuracy Standard). Se aplica este estándar para estudiar la calidad posicional de una cartografía a partir de una serie de coordenadas del mapa y del terreno, procediendo estas últimas de una fuente de mayor exactitud.

El test NMAS ha sido el método de control empleado por las administraciones americanas productoras de cartografía desde 1947. Esto ha implicado la extensión de su uso a otras muchas instituciones y organismos oficiales dedicados a la cartografía de muchos otros países. La mayor ventaja del test NMAS es su facilidad de entendimiento dado que los resultados se expresan de la forma cumple/ no cumple, de cómoda interpretación por el usuario.

El test comprueba si el 10% de los puntos de la muestra tiene un error horizontal (componente x, y conjuntas) mayor de 0,085 cm en mapas de escala mayor de E20K o de 0.05 cm en mapas a escala menor o igual a E20K.

También se puede aplicar sobre la componente vertical. En este caso se comprueba si el 10% de los puntos de la muestra tienen un error vertical mayor de la mitad del intervalo de las curvas de nivel. Un aspecto controvertido es el poder corregir el error vertical de un punto actuando sobre su componente horizontal, modificándola en una cantidad igual al error horizontal aceptable. Esto hace que el estándar de exactitud sea más fácilmente alcanzable en superficies de fuerte pendiente.

El proceso para aplicar el test NMAS consta de los siguientes pasos:

1. Seleccionar una muestra de n puntos, siendo $n \geq 20$.

Primeramente se determinan las diferencias entre las coordenadas del mapa y del terreno, y se calcula la componente horizontal de estas diferencias (Tabla 4).

CONJUNTO DE PUNTOS A ANALIZAR				
Punto	X terreno [m]	Y terreno [m]	X mapa [m]	Y mapa [m]
1	548226,238	4748289,467	548226,338	4748289,267
2	567440,740	4751619,927	567444,740	4751616,927
3	550513,863	4794666,816	550467,863	4794667,716
4	562196,621	4793767,691	562184,621	4793809,345
5	590751,759	4782009,014	590737,007	4782025,268
6	569926,335	4821490,493	569933,493	4821461,347
7	638271,743	4827686,633	638258,196	4827653,485
8	646988,151	4823511,696	647034,410	4823492,348
9	618065,168	4762189,851	618133,427	4762134,502
10	531326,044	4741431,889	531279,165	4741480,135
11	609014,174	4763257,104	608978,928	4763269,358
12	668875,681	4822412,649	668886,149	4822426,883
13	693867,211	4824410,118	693857,866	4824396,662
14	531409,340	4741658,449	531382,851	4741665,935
15	523517,190	4783036,545	523503,734	4783031,299
16	615198,578	4759754,728	615193,780	4759775,196
17	688283,211	4823627,693	688295,697	4823619,226
18	590324,011	4747366,269	590313,555	4747373,737
19	496358,239	4775315,879	496345,874	4775301,611
20	496103,010	4745071,267	496089,754	4745079,523
21	537335,243	4732101,417	537324,975	4732119,882
22	580400,777	4734974,951	580404,256	4734988,419
23	628464,620	4737255,728	628452,252	4737242,270
24	683045,656	4768532,360	683056,905	4768540,059
25	678513,674	4822850,026	678497,980	4822837,368

Tabla 4.

2. Calcular el error de cada punto en cada componente (Tabla 5):

$$e_{x_i} = x_{t_i} - x_{m_i}$$

$$e_{y_i} = y_{t_i} - y_{m_i}$$

$$e_{z_i} = z_{t_i} - z_{m_i}$$

Donde:

$x_{t_i}, y_{t_i}, z_{t_i}$ Coordenadas sobre el terreno (u otra fuente de mayor precisión)

$x_{m_i}, y_{m_i}, z_{m_i}$ Coordenadas sobre el mapa.

3. Calcular la componente horizontal de los errores en x, y en cada punto (Tabla 5):

$$e_H = \sqrt{e_{x_i}^2 + e_{y_i}^2}$$

DIFERENCIA ENTRE COORDENADAS-MAPA Y COORDENADAS-TERRENO			
Punto	e_x [m]	e_y [m]	e_H [m]
1	-0,100	0,200	0,224
2	-4,000	3,000	5,000
3	46,000	-0,900	46,009
4	12,000	-41,654	43,348
5	14,752	-16,254	21,950
6	-7,158	29,146	30,012
7	13,547	33,148	35,809
8	-46,259	19,348	50,142
9	-68,259	55,349	87,879
10	46,879	-48,246	67,270
11	35,246	-12,254	37,315
12	-10,468	-14,234	17,669
13	9,345	13,456	16,383
14	26,489	-7,486	27,526
15	13,456	5,246	14,442
16	4,798	-20,468	21,023
17	-12,486	8,467	15,086
18	10,456	-7,468	12,849
19	12,365	14,268	18,880
20	13,256	-8,256	15,617
21	10,268	-18,465	21,128
22	-3,479	-13,468	13,910
23	12,368	13,458	18,278
24	-11,249	-7,699	13,631
25	15,694	12,658	20,163

Tabla 5.

4. Establecer cuáles son los errores máximos tolerables en las componentes horizontales y verticales:

- Horizontal: 0,085 cm en mapas de escala mayor de E20K o de 0.05 cm en mapas a escala menor o igual a E20K

$$0.05 \text{ cm} \rightarrow E \ 1/300000 \rightarrow 150 \text{ m}$$

- Vertical: La mitad de la equidistancia entre curvas de nivel. En este caso no vamos a estudiar la componente vertical.

5. Contar cuántos puntos tienen un error horizontal superior al error máximo tolerable para determinar si se ha alcanzado el estándar de exactitud posicional predefinido. El test es superado en la componente horizontal si

como máximo el 10% de los puntos tienen un error superior al error máximo tolerable, ya que no se encuentra ningún atípico.

El número de muestras (n) ha sido 25, por tanto el test es superado ya que menos del 10% de los puntos tienen un error superior al error máximo tolerable (150 m)

6. Contar cuantos puntos tienen un error vertical, e_z , superior al error máximo tolerable para determinar si se ha alcanzado el estándar de exactitud posicional predefinido.

El test es superado en la componente vertical si como máximo el 10% de los puntos tienen un error superior al error máximo tolerable.

El test de exactitud posicional NMAS es superado.

Bibliografía y webgrafía

- ARIZA, F.J. (1999). Reproducción Cartográfica. Universidad de Jaén. Jaén.
- ARIZA, F.J. (2002). Calidad en la Producción cartográfica. Ra-Ma. Madrid.
- PINILLA, C.(1995) Elementos de Teledetección. Ra-Ma. Madrid.
- CHUVIECO, E. (1995) Elementos de Teledetección. Ra-Ma. Madrid.
- LANDSAT MISSIONS- Landsat 8 - USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) .

<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>

- DESCARGA DE IMÁGENES DE SATELITES. Earth Explorer (USGS)

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

- CENTRO DE DESCARGAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL.

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

- IBERPIX (Visor de imágenes de satélites y ortofotos del IGN)

<http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>

- PORTAL SIGNA. SIG para la consulta y actualización de datos del IGN y CNIG.

<http://signa.ign.es/signa/>

- BIBLIOTECA DE AYUDA PARA EL SOFTWARE ARCGIS

<http://resources.arcgis.com/es/home/>

- EROSKI CONSUMER.

<http://caminodesantiago.consumer.es/los-caminos-de-santiago/del-norte/>

- MUNDICAMINO

<http://www.mundicamino.com/rutas.cfm?id=37>

- XACOBEO GALICIA

<http://www.xacobeo.es/>

- EDITORIAL BUEN CAMINO

<http://www.jacobeo.net/>

- THE WAY OF SAINT JAMES.

<http://caminodesantiago.lavozdegalicia.com/en/camino/north/>

- LOCALIZADOR DE ESTACIONES DE SERVICIO.

<http://www.porquetuvuelves.com/wls/porquetuvuelves/jsp/LocalizadorEstaciones>

II. ANEJOS

ANEJO I. SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89

Este sistema geodésico de referencia, que en definitiva es lo que conocemos como un 'datum', lleva asociado, entre otros parámetros, un elipsoide de referencia que es el GRS80 completamente equivalente con el WGS84. De hecho, el WGS84 deriva del GRS80. Los semiejes mayores de los dos elipsoides son iguales, y la diferencia entre semiejes menores debe de ser de alguna décima de milímetro; por eso decimos que podemos confundir a nivel práctico el GRS80 con el WGS84.

Pero para hacer cartografía no nos basta con un datum o sistema geodésico de referencia; necesitamos además materializar en el terreno ese datum dando coordenadas en ese sistema de referencia a una serie de puntos situados sobre el territorio y que podamos utilizar como puntos de coordenadas de partida para nuestros trabajos de posicionamiento. Esto es lo que se denomina marco de referencia: el conjunto de puntos o vértices geodésicos con coordenadas en el correspondiente sistema de referencia. European Terrestrial Reference Frame (ETRF89) es el correspondiente marco de referencia, formado por una serie de puntos (vértices geodésicos) con coordenadas en el sistema ETRS89. En definitiva el marco ETRF89 es la realización práctica en el terreno del sistema ETRS89, y las coordenadas se han calculado utilizando el elipsoide GRS80 (~WGS84).

El antiguo sistema geodésico de referencia (datum) ED50, se materializa en el terreno por una serie de vértices geodésicos. Esta red de vértices geodésicos, cuyas coordenadas han sido calculadas utilizando el elipsoide de Hayford 1909 (o Internacional 1924), es lo que se denomina Red de Orden Inferior (en algunos mapas rotulados con las siglas ROI) y es lo que materializa en el terreno el sistema ED50.

Equivalentemente y de igual manera hay un nuevo sistema, ETRS89, con un marco de referencia que es un conjunto de vértices que lo materializan en el terreno, es el ETRF89. El proyecto realizado para construir y densificar este marco de referencia en España se denomina red REGENTE y se ha completado en el año 2001. Los vértices geodésicos de la red REGENTE se calculan utilizando el sistema ETRS89, elipsoide GRS80 (~WGS84).

Es importante señalar que los vértices que pertenecen a la red REGENTE (actual) también pertenecen a la red ROI (antigua) y se dispone de coordenadas de estos puntos en ambos sistemas ETRS89 y ED50. Se puede, entonces, calcular parámetros de transformación entre ambos sistemas con mucha más precisión utilizando estos vértices con duplicidad de coordenadas.

La principal ventaja del nuevo sistema de referencia es poder adoptar un sistema de referencia común en todos los países de Europa sin tener la necesidad de hacer transformaciones. Otra ventaja fundamental es que el usuario puede utilizar las coordenadas que directamente le da su GPS para posicionarse sobre la nueva cartografía sin necesidad de andar utilizando cambios de datum ni transformación alguna, y sin más error alguno que el que tenga su receptor o su método de posicionamiento con GPS.

ANEJO II. IMÁGENES SELECCIONADAS DEL PROGRAMA LANDSAT



Imagen nº 1	LC82050302014229LGN00
Fecha de captura	17/08/2014
Escena	203 – 30



Imagen nº 2	LC82040302013235LGN00
Fecha de captura	23/08/2013
Escena	204 – 30

ANEJO III. DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL.

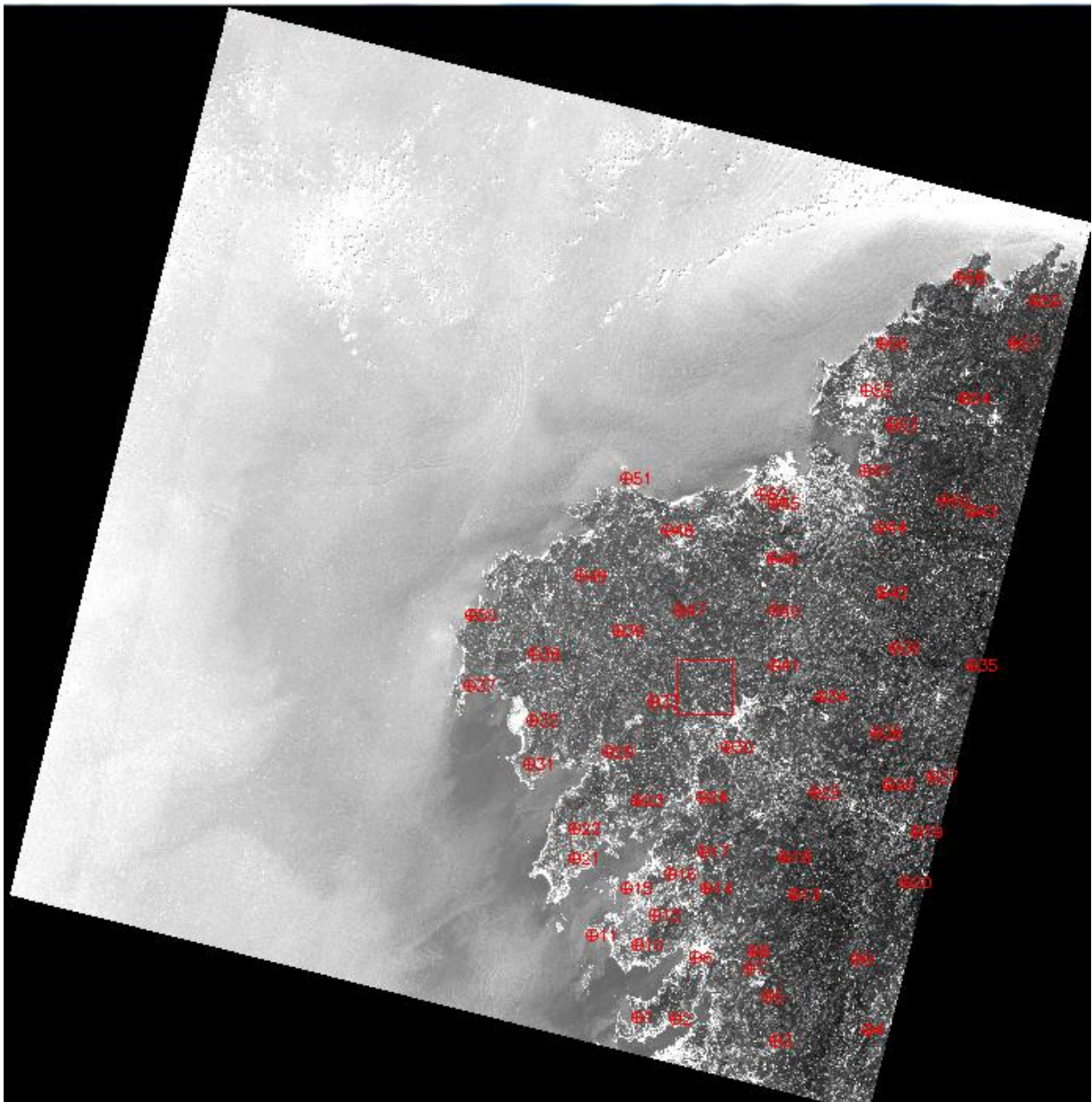
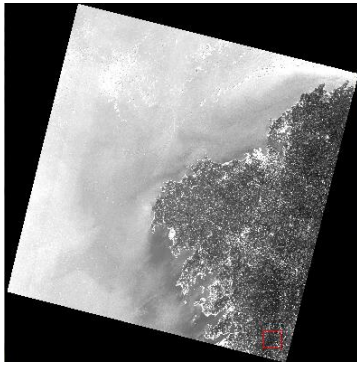


Imagen 1 multispectral

Distribución de los puntos de control

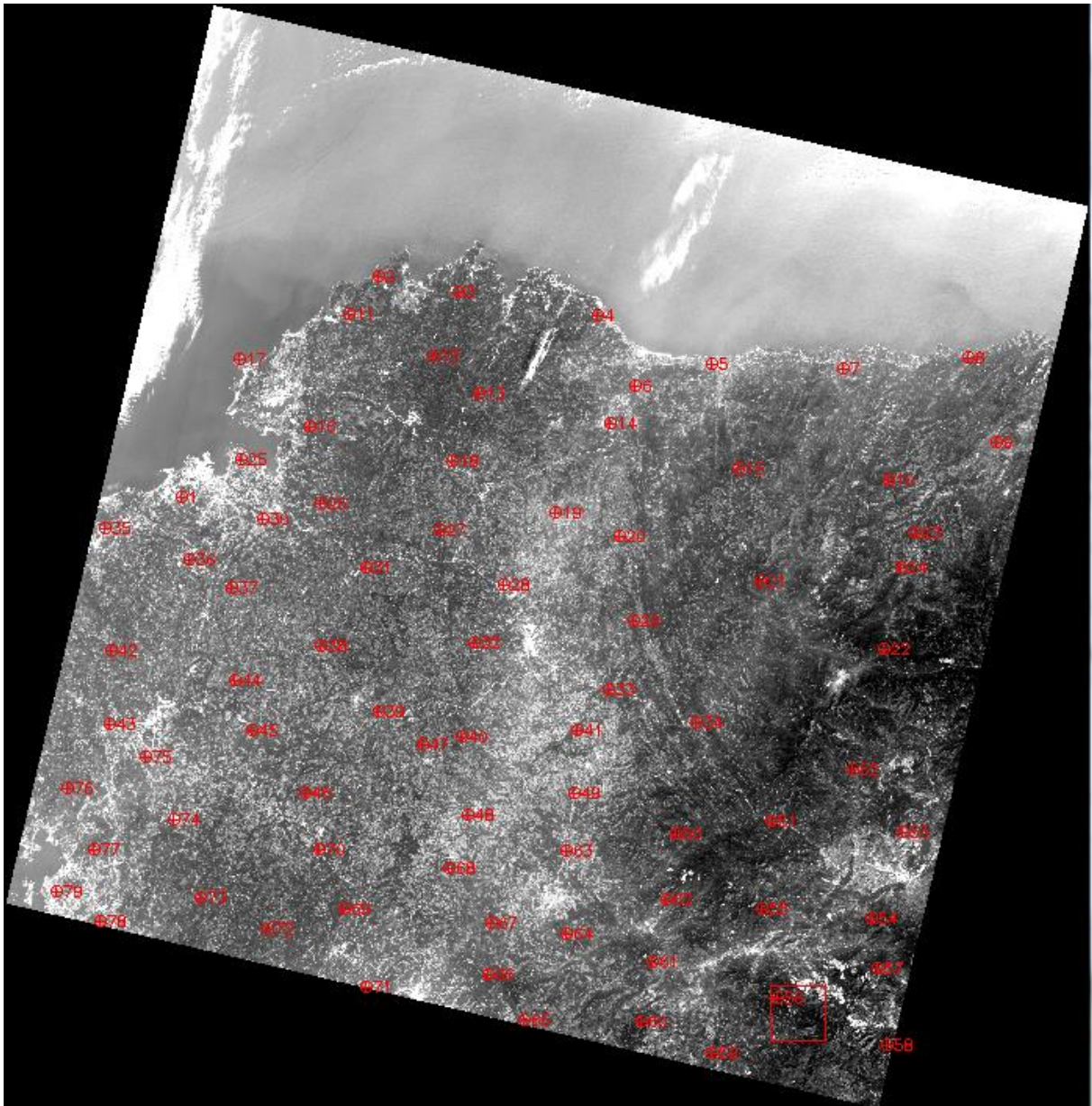
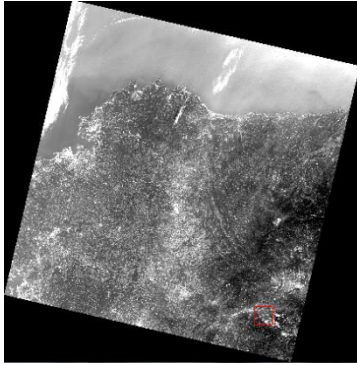


Imagen 2 multispectral

Distribución de los puntos de control

ANEJO IV. GEORREFERENCIACIÓN.**PUNTOS DE CONTROL**

Envi Ground Control Points Table Image 1

ENVI Image to Map GCP Table

Total RMS Error : 0,616984

ENVI Registration Polynomial Coefficients*Polynomial Degree = 2*

$$a = \begin{pmatrix} 3325.6417459280 & 0.0013857081 & -0.0000001339 \\ 1.0032229627 & -0.0000018018 & 0.0000000002 \\ -0.0000008001 & 0.0000000004 & -0.0000000000 \end{pmatrix}$$

$$b = \begin{pmatrix} 7381.7873120938 & -0.9950226825 & -0.0000010059 \\ 0.0035452153 & -0.0000024703 & 0.0000000005 \\ -0.0000004775 & 0.0000000003 & -0.0000000000 \end{pmatrix}$$

Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
515857,000	4682954,000	4526,330	7223,440	4525,640	7222,850	-0,690	-0,590	0,900
524008,000	4682656,000	4798,380	7235,920	4797,800	7232,890	-0,580	-3,030	3,090
545637,000	4677979,000	5519,600	7388,200	5519,250	7388,910	-0,350	0,710	0,790
565476,000	4680095,000	6179,860	7318,360	6179,950	7318,320	0,090	-0,040	0,100
543873,000	4687370,000	5461,530	7075,530	5460,390	7075,910	-1,140	0,380	1,200
528499,000	4695766,000	4947,300	6796,190	4947,650	6795,970	0,350	-0,220	0,420
539801,000	4693449,000	5323,470	6872,000	5324,610	6873,280	1,140	1,280	1,710
541055,000	4697021,000	5366,420	6753,500	5366,390	6754,240	-0,030	0,740	0,740
563182,000	4695563,000	6103,420	6803,580	6103,600	6802,870	0,180	-0,710	0,730
516096,000	4698195,000	4533,700	6713,400	4533,730	6714,850	0,030	1,450	1,450
506096,000	4700457,000	4200,390	6638,430	4199,840	6639,290	-0,550	0,860	1,030
519838,000	4704835,000	4658,470	6492,530	4658,670	6493,580	0,200	1,050	1,070
549714,000	4709032,000	5654,540	6353,590	5654,940	6353,960	0,400	0,370	0,550
530923,000	4710625,000	5028,290	6300,070	5028,490	6300,730	0,200	0,660	0,690
513676,000	4710706,000	4450,630	6299,780	4453,060	6297,810	2,430	-1,970	3,120
523062,000	4713535,000	4767,080	6203,920	4766,280	6203,650	-0,800	-0,270	0,850
530003,000	4718241,000	4997,500	6047,500	4997,800	6046,870	0,300	-0,630	0,700
547589,000	4717302,000	5583,570	6078,540	5584,100	6078,310	0,530	-0,230	0,570
576099,000	4722627,000	6533,760	5901,240	6533,780	5900,910	0,020	-0,330	0,330
573578,000	4711794,000	6449,440	6261,590	6449,760	6261,940	0,320	0,350	0,480
502474,000	4716854,000	4078,210	6092,040	4079,210	6092,710	1,000	0,670	1,210

502505,000	4723123,000	4080,030	5882,430	4080,380	5883,770	0,350	1,340	1,390
516037,000	4729309,000	4532,480	5678,380	4532,010	5677,800	-0,470	-0,580	0,750
529892,000	4729915,000	4993,750	5657,880	4994,110	5657,760	0,360	-0,120	0,380
553891,000	4731200,000	5793,620	5615,670	5794,070	5615,120	0,450	-0,550	0,710
569877,000	4732725,000	6326,780	5564,650	6326,640	5564,360	-0,140	-0,290	0,320
579302,000	4734464,000	6641,000	5506,500	6640,540	5506,420	-0,460	-0,080	0,460
567109,000	4743923,000	6234,360	5191,500	6234,470	5191,110	0,110	-0,390	0,400
509437,000	4739902,000	4311,500	5322,700	4311,980	5324,650	0,480	1,950	2,010
535075,000	4740797,000	5168,970	5295,580	5166,920	5295,100	-2,050	-0,480	2,110
492754,000	4737102,000	3756,400	5418,450	3755,310	5417,720	-1,090	-0,730	1,310
493555,000	4746724,000	3782,420	5097,580	3782,340	5097,070	-0,080	-0,510	0,510
519216,000	4750511,000	4638,390	4971,170	4638,220	4971,170	-0,170	0,000	0,170
555226,000	4751638,000	5839,420	4933,680	5838,540	4933,890	-0,880	0,210	0,910
587808,000	4758254,000	6924,440	4713,380	6924,130	4713,520	-0,310	0,140	0,340
571160,000	4762029,000	6368,670	4586,780	6369,500	4587,620	0,830	0,840	1,180
479952,000	4753853,000	3329,410	4859,290	3328,820	4859,320	-0,590	0,030	0,590
493694,000	4760624,000	3787,850	4634,400	3787,380	4633,860	-0,470	-0,540	0,710
512061,000	4765635,000	4399,000	4467,560	4399,840	4467,030	0,840	-0,530	1,000
545378,000	4770058,000	5512,290	4320,290	5510,360	4319,840	-1,930	-0,450	1,990
545421,000	4758215,000	5512,250	4714,750	5511,780	4714,600	-0,470	-0,150	0,500
568650,000	4773679,000	6284,920	4198,920	6285,910	4199,260	0,990	0,340	1,040
587556,000	4791336,000	6916,700	3610,520	6916,050	3610,710	-0,650	0,190	0,680
568207,000	4788004,000	6270,120	3722,080	6271,190	3721,710	1,070	-0,370	1,130
545379,000	4792871,000	5510,330	3559,000	5510,450	3559,390	0,120	0,390	0,400
544937,000	4781309,000	5496,210	3944,710	5495,680	3944,800	-0,530	0,090	0,530
524927,000	4770276,000	4828,280	4312,480	4828,750	4312,440	0,470	-0,040	0,470
522376,000	4787217,000	4743,780	3748,570	4743,880	3747,780	0,100	-0,790	0,800
503809,000	4777554,000	4124,780	4069,830	4124,980	4069,750	0,200	-0,080	0,220
480152,000	4769279,000	3335,590	4345,500	3336,170	4345,320	0,580	-0,180	0,610
513683,000	4798434,000	4454,430	3372,520	4454,350	3373,910	-0,080	1,390	1,400
542614,000	4795002,000	5418,260	3488,680	5418,320	3488,340	0,060	-0,340	0,340
570500,000	4809713,000	6347,500	2998,000	6347,670	2997,960	0,170	-0,040	0,170
585937,000	4815748,000	6862,480	2797,090	6862,190	2796,770	-0,290	-0,320	0,440
565275,000	4817181,000	6172,640	2748,680	6173,550	2748,970	0,910	0,290	0,960
568612,000	4827355,000	6284,910	2409,350	6284,790	2409,750	-0,120	0,400	0,420
596680,000	4827488,000	7219,440	2404,480	7220,290	2405,290	0,850	0,810	1,180
585091,000	4841670,000	6834,470	1933,000	6833,980	1932,350	-0,490	-0,650	0,810
601303,000	4836395,000	7374,670	2108,400	7374,370	2108,250	-0,300	-0,150	0,340
581678,000	4793716,000	6720,250	3531,630	6720,160	3531,340	-0,090	-0,290	0,310
564759,000	4800081,000	6156,640	3319,360	6156,310	3319,080	-0,330	-0,280	0,430

Envi Ground Control Points Table Image 2

ENVI Image to Map GCP Table

Total RMS Error : 0,557359

ENVI Registration Polynomial Coefficients*Polynomial Degree = 2*

$$a = \begin{pmatrix} 373.4640471101 & 0.0001525702 & 0.0000000039 \\ 1.0001282029 & 0.0000000346 & -0.0000000000 \\ 0.0000000017 & -0.0000000000 & 0.0000000000 \end{pmatrix}$$

$$b = \begin{pmatrix} 7428.4062774187 & -1.0006156655 & 0.0000001181 \\ -0.0002594799 & 0.0000002408 & -0.0000000000 \\ 0.0000000190 & -0.0000000000 & 0.0000000000 \end{pmatrix}$$

Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
543394,000	4794617,000	1264,550	3491,600	1264,380	3491,350	-0,170	-0,250	0,300
585091,000	4841672,000	2654,310	1923,540	2654,420	1922,940	0,110	-0,600	0,610
602022,000	4838110,000	3218,860	2041,860	3218,780	2041,680	-0,080	-0,180	0,190
656112,000	4823035,000	5021,940	2543,880	5021,760	2544,220	-0,180	0,340	0,380
639756,000	4818421,000	4476,570	2698,390	4476,550	2698,000	-0,020	-0,390	0,390
684009,000	4822058,000	5952,500	2576,440	5951,670	2576,810	-0,830	0,370	0,910
710535,000	4824130,000	6835,760	2507,820	6835,870	2507,770	0,110	-0,050	0,120
716563,000	4806369,000	7036,500	3099,500	7036,810	3099,780	0,310	0,280	0,420
693744,000	4798247,000	6276,740	3370,320	6276,170	3370,480	-0,570	0,160	0,600
579027,000	4833686,000	2451,700	2188,900	2452,270	2189,120	0,570	0,220	0,610
596782,000	4824506,000	3043,320	2495,320	3044,080	2495,130	0,760	-0,190	0,790
606403,000	4816727,000	3364,670	2753,560	3364,770	2754,430	0,100	0,870	0,880
661864,000	4800765,000	5213,420	3286,350	5213,480	3286,530	0,060	0,180	0,190
570500,000	4809711,000	2168,450	2988,360	2167,980	2988,260	-0,470	-0,100	0,490
555436,000	4823985,000	1666,500	2512,500	1665,870	2512,460	-0,630	-0,040	0,630
600948,000	4802168,000	3183,000	3239,600	3182,910	3239,710	-0,090	0,110	0,140
622762,000	4791419,000	3909,500	3597,750	3910,040	3598,010	0,540	0,260	0,600
636615,000	4786495,000	4370,630	3762,050	4371,810	3762,150	1,180	0,100	1,190
666470,000	4776609,000	5366,930	4092,140	5367,000	4091,700	0,070	-0,440	0,450
692819,000	4762489,000	6245,210	4563,070	6245,330	4562,360	0,120	-0,710	0,720
699489,000	4787001,000	6467,640	3745,500	6467,670	3745,340	0,030	-0,160	0,170
696508,000	4779586,000	6368,290	3992,860	6368,300	3992,490	0,010	-0,370	0,370
555910,000	4802560,000	1681,560	3226,750	1681,620	3226,600	0,060	-0,150	0,160

572810,000	4793228,000	2244,900	3537,810	2244,940	3537,680	0,040	-0,130	0,140
598042,000	4787620,000	3085,910	3724,360	3086,010	3724,620	0,100	0,260	0,280
611918,000	4776052,000	3549,440	4111,190	3548,540	4110,220	-0,900	-0,970	1,320
639446,000	4768345,000	4466,330	4367,600	4466,160	4367,130	-0,170	-0,470	0,500
560513,000	4790105,000	1835,240	3642,240	1835,020	3641,760	-0,220	-0,480	0,530
582422,000	4779812,000	2565,590	3984,470	2565,310	3984,870	-0,280	0,400	0,490
605624,000	4763764,000	3339,060	4520,120	3338,710	4519,800	-0,350	-0,320	0,470
634152,000	4753589,000	4289,730	4858,820	4289,670	4858,980	-0,060	0,160	0,170
652844,000	4746792,000	4912,450	5085,050	4912,760	5085,540	0,310	0,490	0,580
526938,000	4788026,000	715,280	3710,780	715,820	3711,030	0,540	0,250	0,590
544938,000	4781308,000	1316,120	3934,530	1315,810	3934,980	-0,310	0,450	0,540
553747,000	4775342,000	1609,670	4133,440	1609,440	4133,850	-0,230	0,410	0,470
572886,000	4762931,000	2247,250	4547,690	2247,400	4547,550	0,150	-0,140	0,200
585033,000	4749137,000	2652,580	5007,330	2652,280	5007,340	-0,300	0,010	0,300
602960,000	4743666,000	3250,000	5188,800	3249,870	5189,710	-0,130	0,910	0,920
627327,000	4744995,000	4061,560	5145,000	4062,150	5145,430	0,590	0,430	0,720
528209,000	4762140,000	758,250	4573,580	758,100	4573,880	-0,150	0,300	0,340
527907,000	4746378,000	747,550	5098,900	747,980	5099,270	0,430	0,370	0,570
554713,000	4755651,000	1641,270	4791,180	1641,580	4790,200	0,310	-0,980	1,030
558337,000	4745170,000	1762,300	5139,350	1762,360	5139,550	0,060	0,200	0,210
569698,000	4731796,000	2141,400	5585,600	2141,050	5585,350	-0,350	-0,250	0,430
594503,000	4742074,000	2968,560	5242,190	2967,950	5242,770	-0,610	0,580	0,840
604280,000	4727141,000	3293,650	5740,290	3293,840	5740,530	0,190	0,240	0,300
626939,000	4731686,000	4048,720	5588,390	4049,190	5589,040	0,470	0,650	0,810
648340,000	4722988,000	4762,190	5879,440	4762,590	5878,980	0,400	-0,460	0,610
668777,000	4725742,000	5443,580	5786,840	5443,870	5787,190	0,290	0,350	0,460
686138,000	4736669,000	6022,500	5422,880	6022,610	5422,980	0,110	0,100	0,150
696689,000	4723300,000	6374,470	5868,290	6374,330	5868,600	-0,140	0,310	0,340
689897,000	4705113,000	6148,430	6474,860	6147,910	6474,800	-0,520	-0,060	0,520
666717,000	4706974,000	5375,560	6413,000	5375,190	6412,760	-0,370	-0,240	0,440
670139,000	4688282,000	5489,120	7035,940	5489,250	7035,800	0,130	-0,140	0,190
691387,000	4694617,000	6197,430	6824,390	6197,580	6824,650	0,150	0,260	0,300
693407,000	4678052,000	6264,900	7377,000	6264,920	7376,790	0,020	-0,210	0,210
656135,000	4676493,000	5022,530	7427,820	5022,400	7428,750	-0,130	0,930	0,940
641269,000	4683152,000	4526,400	7206,600	4526,830	7206,790	0,430	0,190	0,470
643489,000	4695691,000	4601,350	6788,960	4600,850	6788,840	-0,500	-0,120	0,510
646442,000	4709149,000	4698,650	6341,300	4699,310	6340,260	0,660	-1,040	1,230
625104,000	4719637,000	3988,360	5991,770	3988,000	5990,660	-0,360	-1,110	1,160
625125,000	4701805,000	3988,380	6584,540	3988,680	6585,040	0,300	0,500	0,580
616291,000	4683360,000	3694,690	7200,150	3694,160	7199,850	-0,530	-0,300	0,610
608429,000	4693285,000	3432,480	6868,480	3432,090	6869,020	-0,390	0,540	0,670
609189,000	4704076,000	3457,610	6509,390	3457,440	6509,340	-0,170	-0,050	0,180
600049,000	4715890,000	3152,930	6115,870	3152,780	6115,550	-0,150	-0,320	0,360
578034,000	4707002,000	2419,180	6411,820	2418,870	6411,790	-0,310	-0,030	0,310
572562,000	4719633,000	2236,500	5990,250	2236,490	5990,770	-0,010	0,520	0,520
582622,000	4690570,000	2571,070	6960,130	2571,780	6959,510	0,710	-0,620	0,940

561526,000	4702666,000	1868,560	6556,440	1868,550	6556,320	-0,010	-0,120	0,120
547173,000	4709590,000	1390,170	6325,880	1390,100	6325,520	-0,070	-0,360	0,370
541731,000	4726032,000	1208,550	5777,730	1208,740	5777,460	0,190	-0,270	0,330
535590,000	4739573,000	1003,950	5326,210	1004,070	5326,100	0,120	-0,110	0,160
518863,000	4732636,000	446,500	5557,330	446,450	5557,320	-0,050	-0,010	0,050
524629,000	4719686,000	638,890	5988,890	638,620	5988,980	-0,270	0,090	0,290
526072,000	4704311,000	686,380	6501,500	686,670	6501,470	0,290	-0,030	0,290
516714,000	4710861,000	374,670	6283,000	374,730	6283,140	0,060	0,140	0,150

ANEJO V. CÁLCULO DEL INDICE ÓPTIMO OIF. ESTADÍSTICAS BÁSICAS

IMAGEN 1

	Stdev									
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10
	4621	4162	3588	3259	6634	4367	3321	2359	12044	11147
Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10
Band 1	1,000000	0,999549	0,989070	0,981059	0,663851	0,796971	0,902938	0,992243	0,948175	0,954278
Band 2	0,999549	1,000000	0,992070	0,985703	0,672454	0,807488	0,911753	0,989940	0,946952	0,952855
Band 3	0,989070	0,992070	1,000000	0,997435	0,749461	0,871599	0,952815	0,982427	0,947852	0,952198
Band 4	0,981059	0,985703	0,997435	1,000000	0,750871	0,883468	0,963749	0,970211	0,937839	0,941828
Band 5	0,663851	0,672454	0,749461	0,750871	1,000000	0,942741	0,860524	0,697954	0,712722	0,706907
Band 6	0,796971	0,807488	0,871599	0,883468	0,942741	1,000000	0,971518	0,810354	0,813958	0,810687
Band 7	0,902938	0,911753	0,952815	0,963749	0,860524	0,971518	1,000000	0,901336	0,888648	0,888889
Band 8	0,992243	0,989940	0,982427	0,970211	0,697954	0,810354	0,901336	1,000000	0,957121	0,962550
Band 9	0,948175	0,946952	0,947852	0,937839	0,712722	0,813958	0,888648	0,957121	1,000000	0,994590
Band 10	0,954278	0,952855	0,952198	0,941828	0,706907	0,810687	0,888889	0,962550	0,994590	1,000000

COMBINACIONES	OIF
OIF 1-2-3	4150
OIF 1-2-4	4059
OIF 1-2-5	6599
OIF 1-2-6	5049
OIF 1-2-7	4300
OIF 1-2-9	7194
OIF 1-2-10	6256
OIF 2-1-3	4150
OIF 2-1-4	4059
OIF 2-1-5	6354
OIF 2-1-6	5049
OIF 2-1-7	4300
OIF 2-1-9	7194

OIF 2-1-10	6856
OIF 3-5-1	6178
OIF 3-5-4	5958
OIF 3-5-6	4408
OIF 3-5-7	5284
OIF 3-5-9	7239
OIF 3-5-10	7872
OIF 4-2-1	4059
OIF 4-2-3	3700
OIF 4-2-5	5834
OIF 4-2-6	4404
OIF 4-2-7	3754
OIF 4-2-9	6781
OIF 4-2-10	6446
OIF 6-5-1	7899
OIF 6-5-2	6448
OIF 6-5-3	5690
OIF 6-5-4	5533
OIF 7-5-1	6005
OIF 7-5-2	5774
OIF 7-5-3	5284
OIF 7-5-4	5131
OIF 9-5-1	7022
OIF 9-5-2	6793
OIF 9-5-3	6239
OIF 9-5-4	6135
OIF 9-5-6	6332
OIF 9-5-7	6935
OIF 9-5-10	7354
OIF 10-5-1	6635
OIF 10-5-2	6408
OIF 10-5-3	6872
OIF 10-5-4	6768
OIF 10-5-6	7002
OIF 10-5-7	7591
OIF 10-5-9	8354

ESTADÍSTICAS BÁSICAS**IMAGEN 2**

	Stdev
Band 1	4500
Band 2	4090
Band 3	3708
Band 4	3494
Band 5	7828
Band 6	5685
Band 7	4023
Band 8	2328
Band 9	12524
Band 10	11335

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10
Band 1	1,00000	0,99922	0,98770	0,97070	0,78759	0,82686	0,88833	0,99277	0,94536	0,95045
Band 2	0,99922	1,00000	0,99217	0,97862	0,79655	0,84302	0,90270	0,99092	0,94643	0,95116
Band 3	0,98770	0,99217	1,00000	0,99418	0,84970	0,89886	0,94376	0,98299	0,95024	0,95360
Band 4	0,97070	0,97862	0,99418	1,00000	0,84320	0,92378	0,96700	0,96245	0,93814	0,94047
Band 5	0,78759	0,79655	0,84970	0,84320	1,00000	0,91813	0,87603	0,81834	0,82622	0,82476
Band 6	0,82686	0,84302	0,89886	0,92378	0,91813	1,00000	0,98527	0,83643	0,85304	0,85027
Band 7	0,88833	0,90270	0,94376	0,96700	0,87603	0,98527	1,00000	0,88699	0,88996	0,88879
Band 8	0,99277	0,99092	0,98299	0,96245	0,81834	0,83643	0,88699	1,00000	0,95445	0,95981
Band 9	0,94536	0,94643	0,95024	0,93814	0,82622	0,85304	0,88996	0,95445	1,00000	0,99347
Band 10	0,95045	0,95116	0,95360	0,94047	0,82476	0,85027	0,88879	0,95981	0,99347	1,00000

COMBINACIONES	OIF
OIF 1-2-3	4128
OIF 1-2-4	4098
OIF 1-2-5	6355
OIF 1-2-6	5348
OIF 1-2-7	4520
OIF 1-2-9	7303
OIF 1-2-10	6869
OIF 2-1-3	4128
OIF 2-1-4	4098
OIF 2-1-5	6207
OIF 2-1-6	5348
OIF 2-1-7	4520
OIF 2-1-9	7303
OIF 2-1-10	6869
OIF 3-5-1	6109

OIF 3-5-4	5923
OIF 3-5-6	4836
OIF 3-5-7	5828
OIF 3-5-9	9162
OIF 3-5-10	8703
OIF 4-2-1	4098
OIF 4-2-3	3809
OIF 4-2-5	5886
OIF 4-2-6	4833
OIF 4-2-7	4075
OIF 4-2-9	7023
OIF 4-2-10	6591
OIF 6-5-1	8221
OIF 6-5-2	6882
OIF 6-5-3	6458
OIF 6-5-4	6334
OIF 7-5-1	6407
OIF 7-5-2	6190
OIF 7-5-3	5828
OIF 7-5-4	5712
OIF 9-5-1	7711
OIF 9-5-2	9514
OIF 9-5-3	7162
OIF 9-5-4	7145
OIF 9-5-6	8024
OIF 9-5-7	8403
OIF 9-5-10	9982
OIF 10-5-1	6233
OIF 10-5-2	6039
OIF 10-5-3	6703
OIF 10-5-4	7686
OIF 10-5-6	7582
OIF 10-5-7	7953
OIF 10-5-9	8982

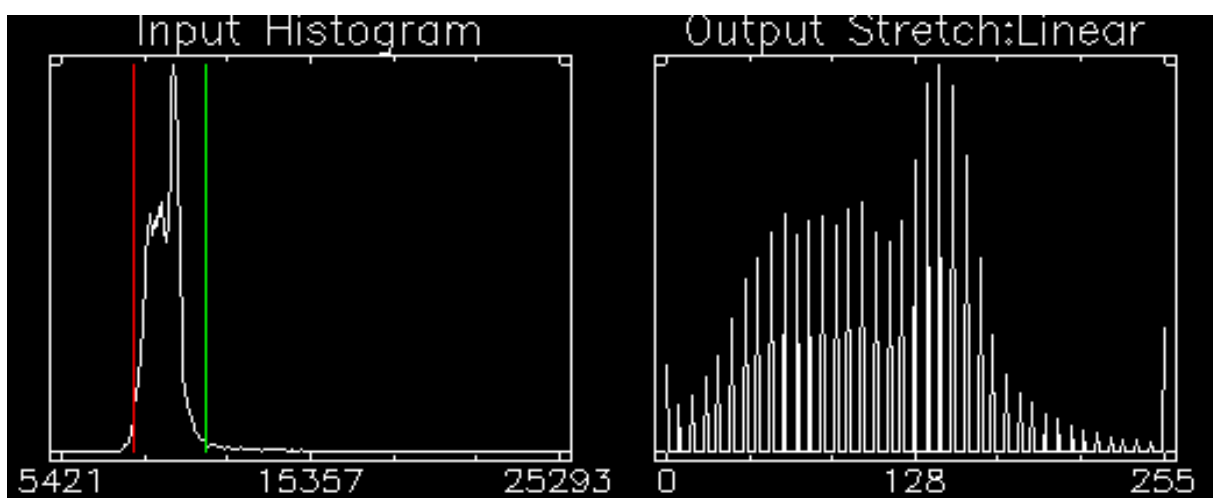
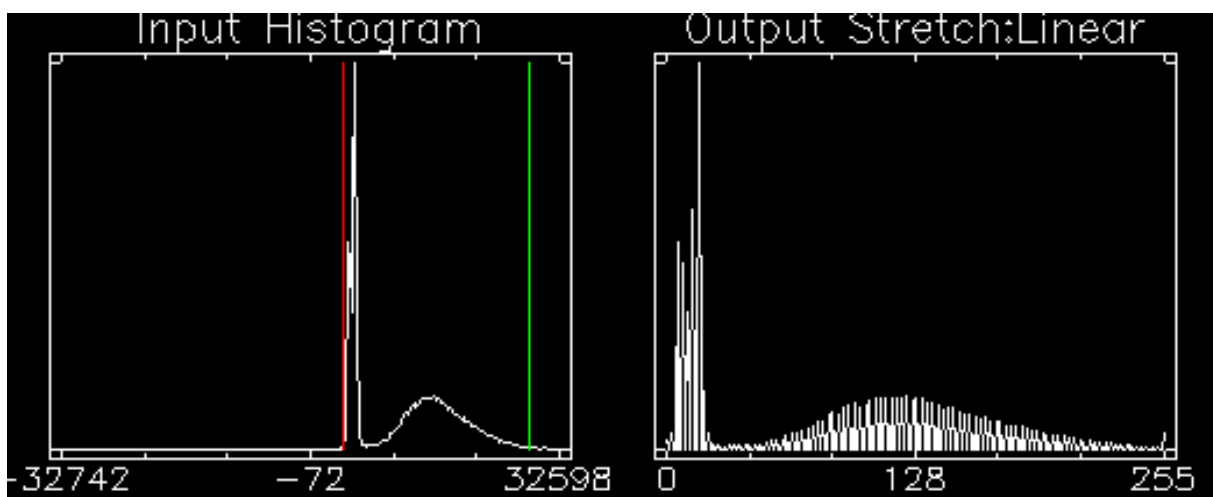
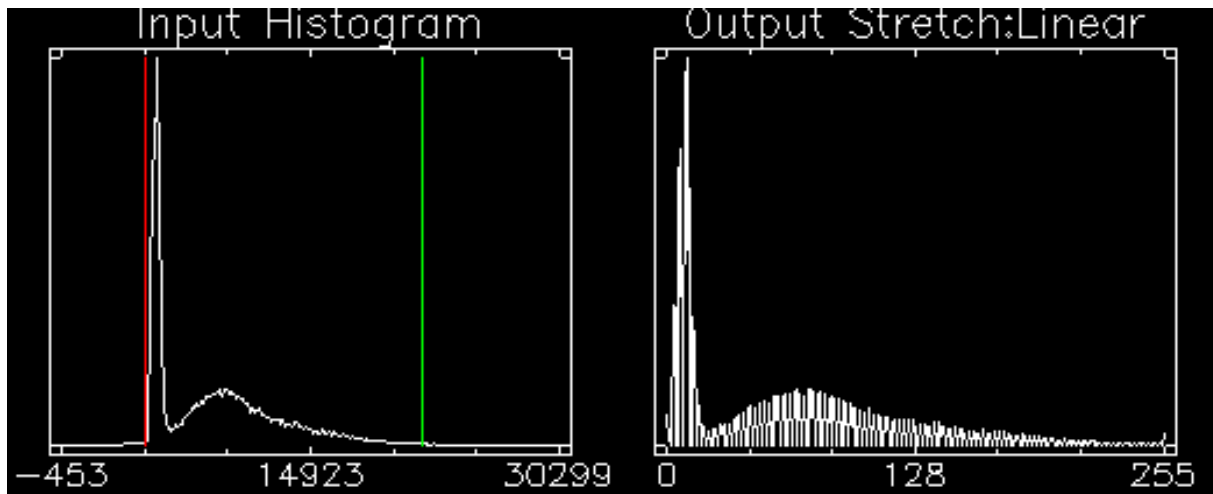
ANEJO VI. MOSAICO

A continuación se muestra el mosaico realizado a partir de las dos imágenes corregidas radiométricamente y geométricamente. La rotación que muestra es debida a la inclinación de la órbita del satélite.



ANEJO VII. EXPANSIÓN DEL HISTOGRAMA.

Expansión lineal del histograma para la composición RGB.



ANEJO VIII. MOSAICO BASE PARA EL MAPA-GUÍA.

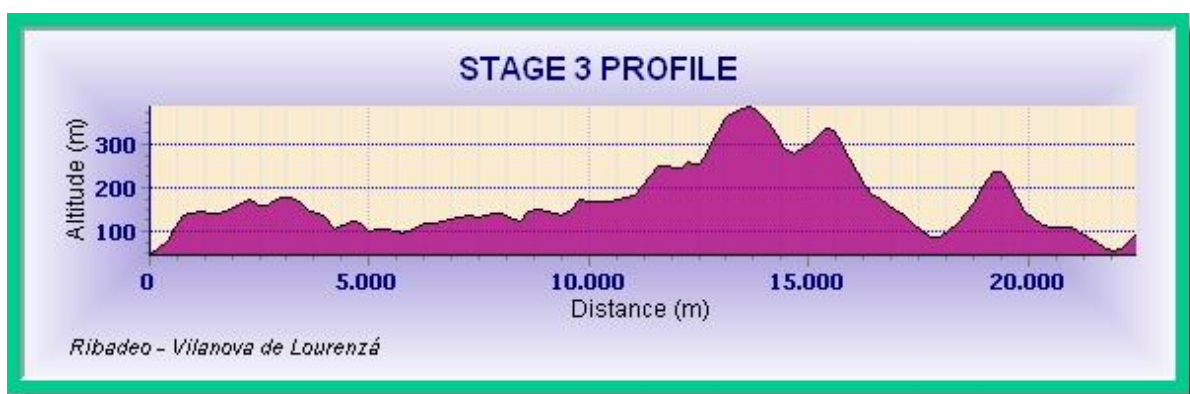
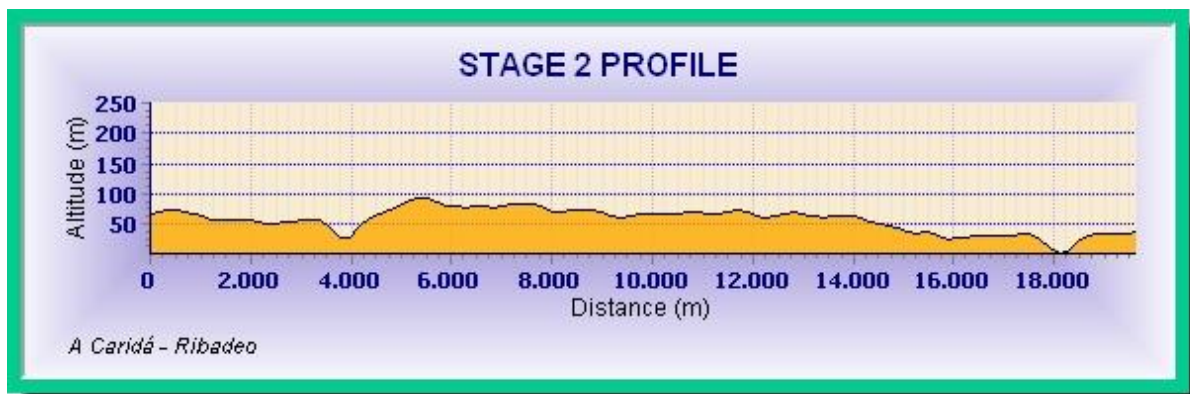
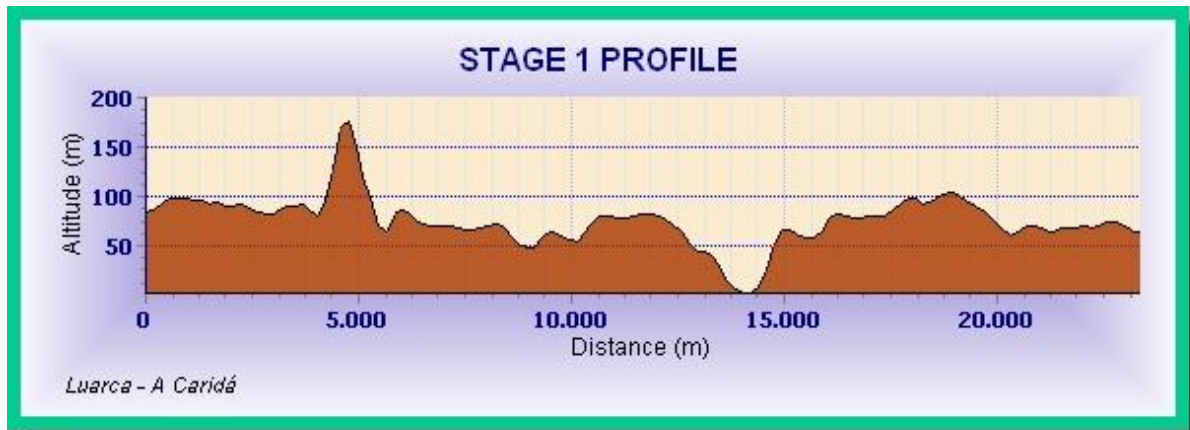


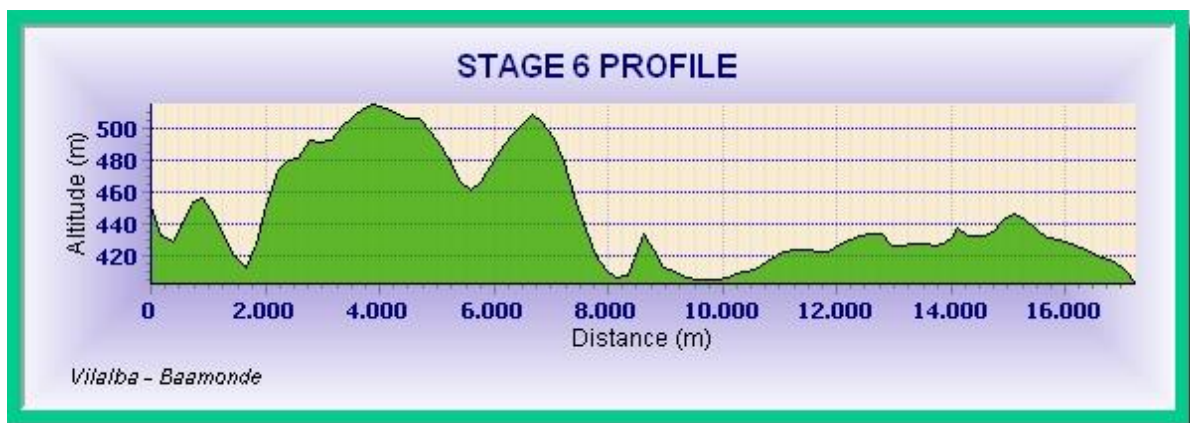
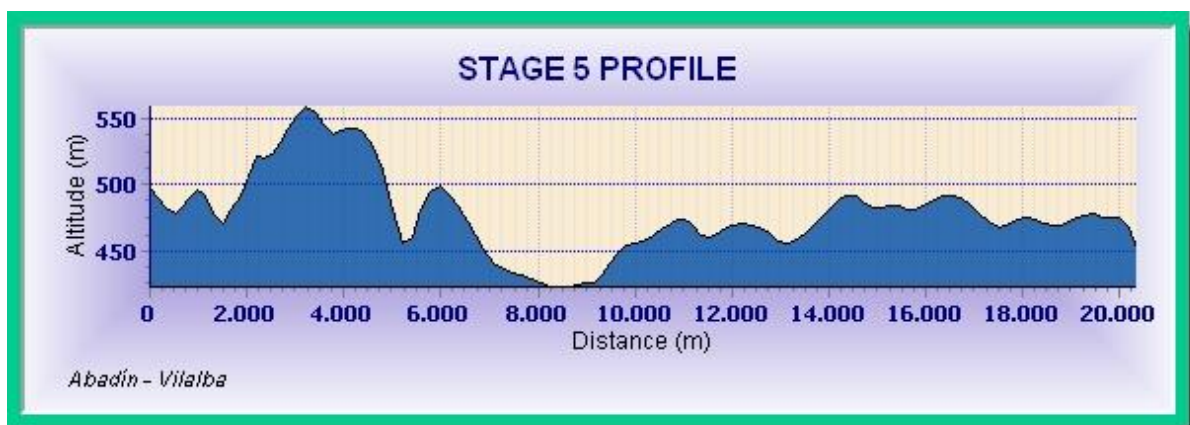
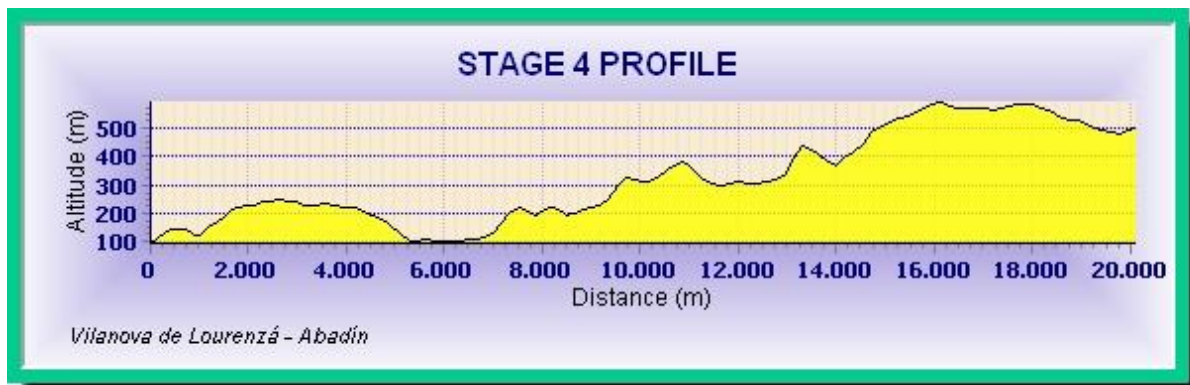
ANEJO IX. MOSAICO RECORTADO Y CON FONDO.

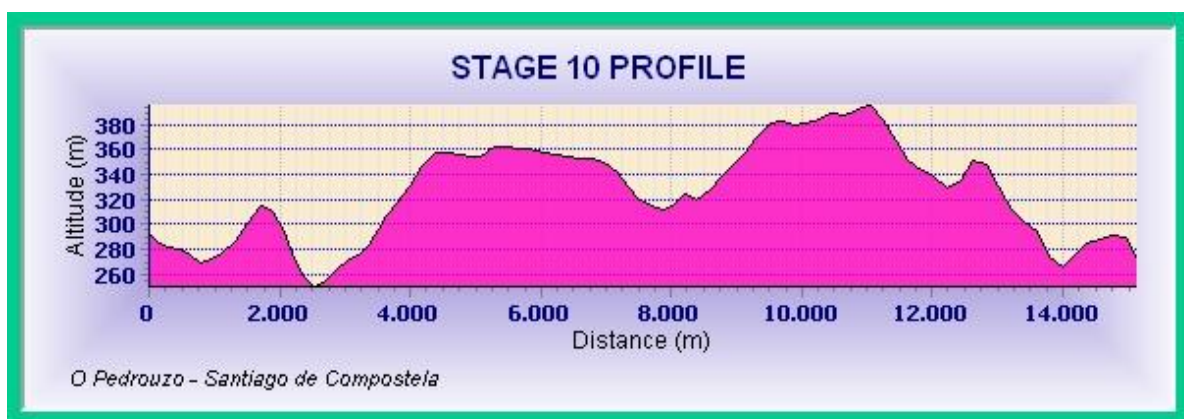
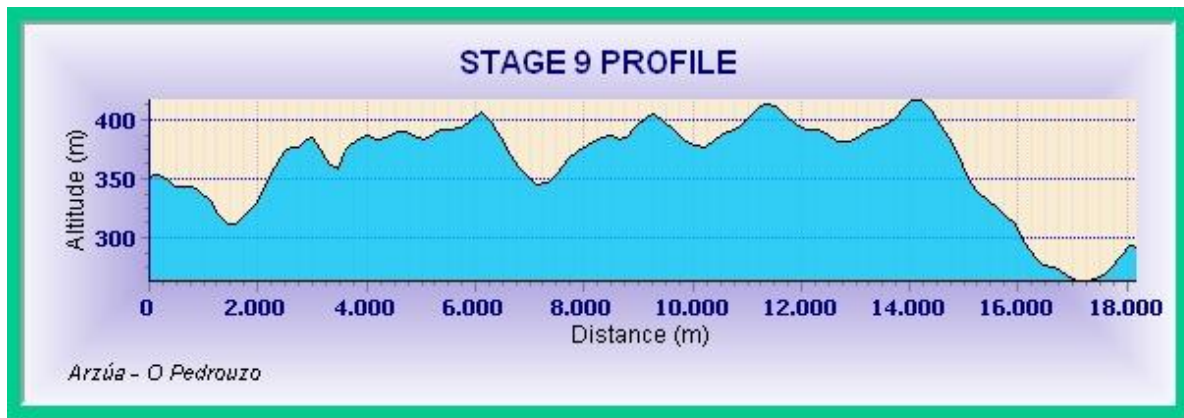
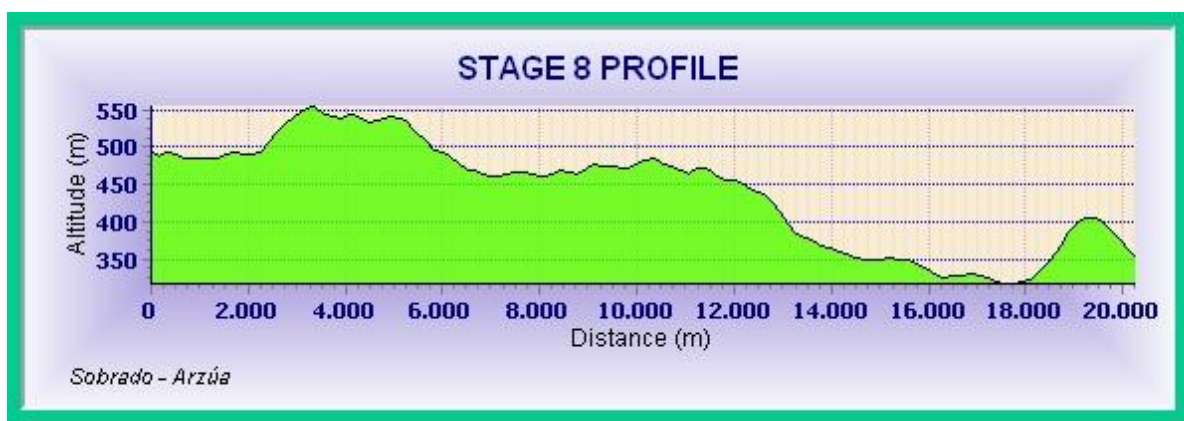
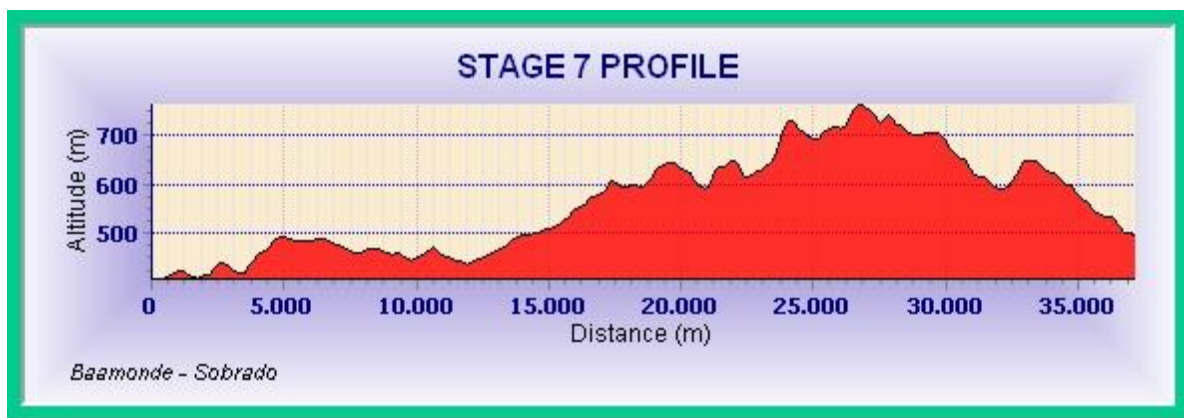


ANEJO X. LOCALIZADOR DE LA ZONA DE INTERÉS.



ANEJO XI. PERFILES LONGITUDINALES.





ANEJO XII. ETAPAS OCCIDENTALES DE LA RUTA DEL NORTE DEL CAMINO DE SANTIAGO.

1ª Etapa.

Luarca – A Caridá.

Distancia: 23.5 Km

Dificultad: Media

Coordenadas de inicio GPS: 43° 32' 44,5" N

06° 32' 01,3" W

La etapa de esta jornada es aproximadamente 23,5 km con una dificultad media por tener un perfil aacidentado a lo largo de su recorrido.

La salida de Luarca es por la vertiente opuesta del río Negro, el cual atraviesa la localidad. Las señales nos llevan por una pista que discurre muy próxima a la nacional, y cuyo trecho alterna entre camino de tierra y el asfalto.

El pueblo de Otur se bordea por la parte alta, y tras dejar las últimas casas, las marcas nos conducen hacia un riachuelo. Se continúa por carreteras locales y caminos de tierra, siempre con cierto paralelismo a la N-634, cuya vista apenas si se pierde. Con esta traza se llega en descenso a Vilapedre, donde de nuevo se cruza la N-634, y también las vías del ferrocarril por un paso subterráneo.

Siempre que es posible, la ruta toma carreteras secundarias o caminos, pero estos últimos a veces son intransitables, de tal modo que el peregrino no tiene otra opción más que apoyarse en la nacional, prestando mucha atención al tráfico, hasta que se alcanza Navía, donde se cruza la ría del mismo nombre.

En ascenso y en su mayor parte pisando asfalto pasaremos una emblemática fuente, que es conocida como “La Fuente de los Peregrinos”. A partir de ahí el trazado juguetea con la carretera Nacional en un zigzaguo casi permanente hasta La Caridad. El refugio se halla en el centro de la localidad y junto a la Iglesia Parroquial.

2ª Etapa.***A Caridá - Ribadeo***

Distancia: 19 Km

Dificultad: Baja

Coordenadas de inicio GPS: 43° 33' 4,6" N
06° 49' 45,1" W

Esta etapa es la segunda etapa del tramo del camino que se ha elegido y también la última que circula por la costa del litoral cantábrico. Ribadeo es el punto de inflexión. Diremos adiós a tantos maravillosos rincones, acantilado, playas, aldeas, ciudades con su historia y monumentos... pero, especialmente, la despedida se la daremos al mar, a ese mar azul intenso.

De La Caridad a Porcia, aun disfrutaremos de vistas marítimas a nuestra derecha, pero a partir de ahí la ruta penetra un tanto hacia el interior, tomando pistas forestales y pasando por las aldeas de Brul, Tol, Las Campas y Barres. Superada esta última localidad, ya sólo restan dos kilómetros para entrar en Figueras, y uno para alcanzar Ribadeo y Galicia al mismo tiempo. Para llegar a Ribadeo hay que pasar por un enorme puente, en el que merece la pena parar unos instantes para deleitarse con las espléndidas vistas que ofrece, y dar nuestro definitivo adiós al Cantábrico.

Nada más pasar el puente, una senda que surge a la izquierda en pronunciado descenso, nos acerca a la ribera, y desde esta, ya por zonas urbanas, llegaremos al centro de la ciudad de Ribadeo en moderado ascenso.

3ª Etapa.***Ribadeo –Vilanova de Lourenzá.***

Distancia: 22.5 Km

Dificultad: Media

Coordenadas de inicio GPS: 43° 32' 15,9" N

07° 03' 1,1" W

Muchos peregrinos remontaban el río Eo hasta el puente de Santiago de Abres, otros muchos buscaban embarcaderos para alcanzar la otra orilla, situándose en diversos puntos, desde los cuales partían numerosos ramales con dirección a Lourenzá o Mondoñedo. Algunas de estas trazas se han perdido, pero La Xunta de Galicia ha podido recuperar una de ellas.

En primer lugar debemos advertir que las señales en Galicia están justo al revés de cómo se muestran en Asturias. Debemos, especialmente al principio, estar muy atentos a esta observación, ya que de lo contrario seguro que nos perdemos.

La salida de Ribadeo pasa por delante del campo de fútbol, justo enfrente del mismo se encuentra la señal jacobea, la cual nos conduce con dirección al cementerio. Casi siempre en ascenso y después de recorrer cerca de 10 Km se llega a Vilela y Villar. Tras superar esta última aldea, un trecho relativamente llano nos conduce hasta O Esfolado, desde donde se inicia un ascenso que nos llevará hasta Villamartín Pequeño.

Villamartín Grande se puede ver desde el Pequeño, ya que se encuentra al otro lado de un moderado valle que se atraviesa siguiendo una carretera que los une. Un descenso de tres largos kilómetros nos acerca hasta Gondán, y por pistas muy bien señalizadas, primero en ascenso y después en descenso, pasando antes por O Corveiro, se entra en Lourenzá.

4ª Etapa.***Vilanova de Lourenzá- Abadín.***

Distancia: 20.1 Km

Dificultad: Media

Coordenadas de inicio GPS: 43° 28' 18,5" N

07° 17' 48,9" W

El peregrino ya se encuentra a bastantes kilómetros de la costa, en zona más montañosa, dirección sur y hacia el interior de Galicia, todo ello hace que la densidad de la población sea considerablemente menor, que el perfil sea más accidentado y más largas las distancias de los tramos entre localidades.

De Lourenzá se arranca en considerable ascenso hasta Arroxopara, tras la cual se produce un corto descenso en la pendiente, y superar a continuación un nuevo desnivel antes de entrar en la ciudad de Mondoñedo, que por su historia y monumentalidad es una de las ocho capitales más importantes de Galicia.

La hermosa Catedral es el punto de partida de tan importante villa. Es conveniente proveerse de bebida y de algo de alimento, pues la travesía de corte abrupto que nos espera hasta Gontán/Abadín es considerable y sin servicios. Lousada es prácticamente la única aldea que encontraremos a lo largo de los quince kilómetros de recorrido, la cual se alcanza en ascenso siguiendo una vía que nos conduce directamente hasta ella. Un pequeño respiro en descenso hasta el río Valiñadares, nos dará fuerzas para acometer una fortísima subida hasta lo alto del cerro, desde donde se inicia un agradable descenso hacia Gontán, que es la antesala de Abadín.

Aun cuando la ruta, como ya hemos señalado, pasa por Lousada, probablemente sea este último tramo uno de los espacios más deshabitados y solitarios del Camino, a la vez que montañoso. No obstante la rica foresta y el encanto del paisaje se funde con el paso y la soledad del peregrino.

5ª Etapa.

Abadín- Vilalba

Distancia: 20.6 Km

Dificultad: Baja

Coordenadas de inicio GPS: 43° 21' 49" N

07° 28' 30" W

Esta etapa es una de las más llanas, por consiguiente de fácil y agradable caminar. De Abadín se parte tomando una pista a la salida de la localidad que surge a mano derecha y en suave descenso. Este primer trecho es muy frecuentado por los lugareños, ya que conduce en agradable paseo hasta la singular y románica iglesia parroquial de la localidad, la cual se encuentra un tanto apartada de la misma.

El primer puente que cruzaremos servirá para superar el río de Abadín, más tarde y después de atravesar Martiñán, se supera el río Batán por el precioso puente "Ponte Vella de Martiñán". El lugar tiene un encanto especial e invita a que el peregrino tome un reposo mientras recrea la vista y se deleita con las cantarinas aguas del cauce. El camino circula todo el tiempo muy próximo a la carretera nacional 634, la cual cruza en varias ocasiones a lo largo de la etapa.

El albergue de peregrinos de Vilalba se encuentra antes de llegar a esta población y como a unos dos kilómetros de su centro. Justo antes de alcanzar las primeras edificaciones de la población, hay un pequeño polígono industrial y también los servicios de la Cruz Roja. Y es precisamente al lado de esta última Institución donde se encuentra el magnífico y bien atendido albergue de la histórica ciudad de Vilalba.

6ª Etapa.

Vilalba- Baamonde

Distancia: 17.2 Km

Dificultad: Baja

Coordenadas de inicio GPS: 43° 17' 52,6" N

07° 40' 51,3" W

Tampoco es esta una etapa larga, apenas dieciocho kilómetros separan el inicio del final. Quizás es algo más accidentado el perfil, especialmente en la primera parte, hasta que se llega a A Torre, a partir de cuyo punto el trazado discurre entre llanos y suaves descensos.

La que fue emblemática torre defensiva de los Condes de Andrade y la iglesia de Santa María son las referencias de partida de Vilalba. Por las calles Concepción Arenal y Ferreira salimos de la villa en busca del río Magdalena, que se supera por el Puente Rodríguez. Siguiendo la misma traza que llevamos se llega a Alba. A partir de ahí la carretera nacional se convierte en referencia más que nunca, ya que su firme lo cruzaremos en varias ocasiones antes de llegar a Ferreira, localidad que se encuentra a más de ocho kilómetros de A Torre.

Pasado Ferreira, algunos espacios se cubren por la propia carretera nacional (N-634), que alterna con algún que otro camino hasta que se accede a la localidad de Baamonde, donde hemos situado el final de la jornada. El albergue se encuentra en la misma calle, a mano derecha.

7ª Etapa.

Baamonde – Sobrado dos Monxes

Distancia: 37 Km

Dificultad: media

Coordenadas de inicio GPS: 43° 10' 27,2 " N

07° 45' 25,5" W

Seguramente estamos ante la etapa mas dura del Camino, no sólo por lo larga que es, si no también por lo abrupta y accidentada. Un considerable macizo montañoso de perfil será necesario recorrer para llegar a Sobrado dos Monxes.

El camino arranca en el albergue de Baamonde. El primer trecho, que finaliza en el emblemático lugar de San Alberte, es un agradable paseo por la antigua N-IV. Tras cruzar el río, se inicia un ascenso por camino que nos conduce hasta Santa Leocadia. Muy pronto pasamos por los lugares de El Camino, Aldar, Seixón y Laguna. La ruta ofrece en este tramo muchas alternativas, bifurcaciones y cruces, que surgen a ambas manos, pero en general está bien señalizado. Medio kilómetro después de Laguna una carretera local nos conduce hasta Miraz.

A partir de ahí iniciamos el tramo más duro de la etapa, el Camino es un mosaico compuesto por caminos de tierra y bastante asfaltado. Los desniveles de todo tipo se suceden, al tiempo que pasamos por granjas y pequeñas aldeas. En general está bien señalizado, pero quizás sea en este periodo donde más fácilmente podamos perdernos. Hay que estar muy atento a las señales.

La salida de Miraz es por carretera, a partir de cuya población encadenamos el paso por una serie de pequeñas aldeas o núcleos agrícolas y ganaderos, apenas separados el uno del otro por dos kilómetros.

Seis kilómetros faltan todavía para alcanzar Sobrado, pero estos ya son en descenso y tras bordear el lago de Sobrado podremos ver dibujadas al frente las bonitas y espectaculares torres del Monasterio de Sobrado dos Monxes.

8ª Etapa.

Sobrado dos Monxes – Arzúa.

Distancia: 20.5 Km

Dificultad: media

Coordenadas de inicio GPS: 43° 02' 23,5 " N

08° 01' 19,6" W

No es esta la última etapa del Camino, ya que todas finalizan en Santiago, lo que ocurre es que en Arzúa se encuentra con el Camino Francés, que es donde se describen el resto de las etapas.

Estamos por tanto en el último trecho del Camino del Norte o de la Costa, atrás quedaron momentos inolvidables llenos de satisfacciones, pero también alguna que otra penuria. El peregrino siente un cosquilleo en el corazón e intuye que muy pronto se fundirá en un abrazo con todos aquellos que tomaron la Gran Ruta del interior.

El perfil de Sobrado a Arzúa es más bien en descenso, aun cuando deberemos salvar algún que otro repecho. Se sale por la carretera AC-232 con dirección Castro, que se alcanza tras recorrer cuatro largos kilómetros, en su mayor parte por el asfalto. Abandonamos esta localidad con dirección a Boimorto, que se llega alternando caminos y asfalto (más este último), en un trayecto sin accidentes geográficos. Sendelle se encuentra a mayor distancia y Arzúa a siete largos kilómetros de esta última población, es por tanto el tramo más solitario, aunque carente de dificultad, si exceptuamos los dos últimos kilómetros, que dan acceso al final de etapa en moderado ascenso.

9ª Etapa.

Arzúa- O Pedrouzo

Distancia: 18 Km

Dificultad: Baja

Coordenadas de inicio GPS: 42° 55' 54,4 " N

08° 09' 46,8" W

En este tramo el Camino se interna de nuevo entre prados, robles y eucaliptos que rodean pequeñas aldeas, algunas con topónimos de resonancia jacobea: A Calzada, A Calle, Ferreiros, A Salceda, A Brea, Santa Irene y A Rúa, ésta ya a las puertas de Arca, capital del municipio de O Pino, el último antes de Santiago.

En general la etapa transcurre por camino de tierra, con tramos por secundarias y también por senda en paralelo a la carretera. Bastante igualada en cuanto a ascensos y llanos y muy bien señalizada de principio a fin. En casi todos los pueblos hay bares donde picar o tomar algo y fuentes a intervalos regulares.

El Camino Francés abandona Arzúa por una pequeña carreterita que deja atrás la comarca de Arzúa para adentrarse en O Pino. Cruza la carretera general por debajo (túnel) en la comarca de Arzúa y luego vuelve a cruzarse con ella a la altura de Santa Irene, donde se encuentran el albergue público y una bonita capilla.

Siguiendo el Camino, desde su entrada en O Pino destacan grandes tramos que se internan por bosques de eucalipto y replantación de pinos y abetos en filas totalmente simétricas, lo que produce un curioso efecto visual.

Prácticamente en ninguna de las aldeas que atraviesa la etapa hay carteles indicadores mostrando sus nombres. Para saber dónde se está, hay que buscar en los miliarios que marcan el Camino.

10ª Etapa.

O Pedrouzo- Santiago de Compostela.

Distancia: 15 Km

Dificultad: Baja

Coordenadas de inicio GPS: 42° 54' 17 " N

08° 21' 45,8" W

La última etapa del Camino, ya muy cerca de la meta. Un recorrido lleno de expectativas, desde O Pedrouzo a Santiago pasando por el Monte do Gozo.

Se sale desde el albergue de O Pedrouzo hacia la gasolinera de la entrada del pueblo, donde se vuelve a coger el Camino. Se cruza entonces hacia el siguiente pueblo, Santo Antón, donde empieza la ascensión hasta la entrada al municipio santiagués, por bosques de pinos y eucaliptos, muy juntos y simétricos, en algunas zonas, también algunos robles. Al llegar a la cima, se pasa al lado del aeropuerto y comienza el suave descenso hacia A Lavacolla.

A Lavacolla, ya en el término de Santiago, se encuentra muy cerca del Monte do Gozo, una pequeña elevación desde la cual los peregrinos tienen por vez primera la visión de la catedral de Santiago.

El Monte do Gozo, reconvertido en el Xacobeo 93 en una zona para peregrinos, tiene un gran monumento en su cima, fuente, capilla de San Marcos, restaurantes, hoteles y bares, y un gran albergue, el último público del Camino.

Desde aquí, el recorrido es prácticamente urbano, llegando a la Catedral a través del barrio de San Lázaro, Rúa de San Pedro, Porta do Camiño, Rúa das Casas Reais y Praza de Cervantes, para bajar ya directamente a la catedral y acceder por la Puerta Santa o, si no es Año Santo, por la de Azabachería.

III. DOCUMENTO GRAFICO.